

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL USO DE AGUA EN ZONAS  
AGRÍCOLAS DEL PERÚ**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Informático, que presenta el bachiller:

**Pamela Daisy Oroya Calderón**

**ASESOR: César Augusto Aguilera Serpa**

Lima, abril del 2015

## RESUMEN

A lo largo del tiempo, la tierra ha ido sufriendo diversos cambios causados por terremotos, erupciones volcánicas, cambios climáticos, entre otros. Los cambios climáticos han sido causados en gran medida por el incremento de la temperatura mundial; y en los últimos años que se ha visto afectado por la industrialización. Entre los sectores que se han visto más afectados a nivel mundial se encuentra la agricultura, sector en el cual el agua desempeña un papel fundamental para el logro de sus objetivos. La agricultura en el Perú no ha sufrido aún las consecuencias del cambio climático; pero considerando la escasez mundial del agua se han ido tomando medidas con el fin de realizar un uso eficiente del recurso hídrico.

Ante la gran demanda de usuarios de agua en el sector agrícola, existen a nivel nacional organizaciones de usuarios de agua agrupadas en Juntas, Comisiones y Comités, cada uno con mayor cantidad de funciones que otra, las cuales han sido creadas con el fin de regularizar la venta y uso del recurso hídrico el cual se encuentra en peligro de escasez.

El manejo de información en estas organizaciones se realiza de forma manual y de forma descentralizada el cual ocasiona problemas al momento de querer obtener información sobre el recurso hídrico, por ello, se propone un sistema de información que provea la información sobre la gestión de este recurso de forma centralizada, fiable y completa.

El sistema de información propuesto, servirá como una herramienta de apoyo para las organizaciones de usuarios de agua ya que les permitirá realizar un mejor control sobre el recurso además de permitir al ente regulador en el Perú de tener una visión global sobre el uso del recurso hídrico.

FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

## TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO

**TÍTULO:** ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL USO DE AGUA EN ZONAS AGRÍCOLAS DEL PERÚ

**ÁREA:** SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**PROPONENTE:** Ing. César Augusto Aguilera Serpa

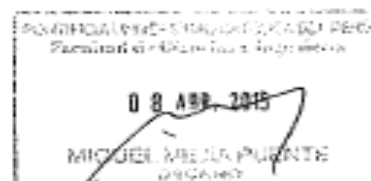
**ASESOR:** Ing. César Augusto Aguilera Serpa

**ALUMNO:** Pamela Daisy Oroya Calderón

**CÓDIGO:** 20070406

**TEMA N°:** 566

**FECHA:** San Miguel, 14 de diciembre de 2014



### DESCRIPCIÓN

Ante la gran demanda de usuarios de agua en el sector agrícola, existen a nivel nacional organizaciones de usuarios de agua agrupadas en Juntas, Comisiones y Comités, cada uno con mayor cantidad de funciones que otra, las cuales han sido creadas con el fin de regularizar la venta y uso del recurso hídrico el cual se encuentra en peligro de escasez.

El manejo de información en estas organizaciones se realiza de forma manual y de forma descentralizada el cual ocasiona problemas al momento de querer obtener información sobre el recurso hídrico, por ello, se propone un sistema de información que provea la información sobre la gestión de este recurso de forma centralizada, fiable y completa.

El sistema de información propuesto, servirá como una herramienta de apoyo para las organizaciones de usuarios de agua ya que les permitirá realizar un mejor control sobre el recurso además de permitir al ente regulador en el Perú de tener una visión global sobre el uso del recurso hídrico.

### OBJETIVO GENERAL

Analizar, diseñar e implementar un sistema de información como herramienta de apoyo a las organizaciones de usuarios de agua del Perú con el fin de controlar la gestión del uso del recurso hídrico en las zonas agrícolas del país.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

- Identificación del modelo de negocio de las organizaciones de usuarios de agua.
- Definición de la estructura de datos de entrada y el proceso que permitirá obtener el volumen de agua referencial requerido por cultivo según la ubicación geográfica donde se encuentre.

Av. Universitaria 1801  
San Miguel, Lima - Perú

Apartado Postal 1761  
Lima 100 - Perú

Teléfono:  
(51) 625 2000 Anexo 4801





FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

- Definir la arquitectura que será utilizada por el sistema de información a desarrollar.
- Definición de indicadores de gestión que permitan a las organizaciones de usuarios de agua puedan realizar seguimiento a sus objetivos.
- Elaboración del prototipo de la solución.

### ALCANCE

El presente proyecto de fin de carrera sitúa como ámbito a las organizaciones de usuarios de agua del Perú y toma como referencia a la organización de usuarios de San Pedro, ubicado en el departamento de La Libertad, provincia de Pacasmayo y distrito Jequetepeque, como base para el desarrollo de la problemática.

Tomando como referencia esta Organización se identificó varios problemas, entre ellos, la ausencia de información centralizada sobre las organizaciones de usuario con el cual se podría realizar un seguimiento adecuado y tomar decisiones más acertadas en las organizaciones de usuarios a nivel nacional. Además, se identificó que los agricultores realizaban la solicitud del volumen de agua a requerir para sus parcelas en base a su experiencia, generando así desperdicio del recurso hídrico. Por último se identificó que no se cuenta con información sobre las parcelas, pagos y estado de los canales de regadío, información vital para que la organización de usuarios sepa si es adecuado brindarle o no el servicio de agua al agricultor.

Para la realización del proyecto se escogió el ámbito de la agricultura debido a que el 80% del agua en el Perú es usado por el sector mencionado. Siendo el agua un recurso escaso a nivel mundial es que se cuenta con una entidad encargada de regularla. En el Perú la entidad encargada de regularla es la Autoridad Nacional del Agua, la cual a través de las organizaciones de usuarios de agua se encarga de velar a nivel nacional por el uso adecuado del recurso hídrico.


El proyecto final tiene como propósito el desarrollo de un sistema de información como herramienta de apoyo a las organizaciones de usuarios de agua del Perú con el objetivo de controlar la gestión del uso del recurso hídrico en la agricultura del país. Es así que el producto podrá ser usado por la entidad reguladora máxima en el Perú del agua, la autoridad nacional del agua, así como, también podrá ser usada por las organizaciones de usuarios de agua que se encuentren dentro de una zona con cobertura móvil.

*Máximo: 100 páginas*

Av. Universitaria 1801  
San Miguel, Lima – Perú

Apertado Postal 1751  
Lima 100 – Perú

Teléfono:  
(511) 626 2000 Anexo 4801



A mis padres Peregrino Oroya e Inocenta Calderón por inculcarme y brindarme constante apoyo en cada uno de mis anhelos, a mis hermanos Ramiro y Patricia por darme aliento a seguir con mi sueño, a Luis Morales por apoyarme y ayudarme en cada instante a lo largo de los años de estudio y a mis amigos Sebastian, Melissa y Pier por luchar junto conmigo durante los años de estudio en la universidad.

## INDICE GENERAL

<u>RESUMEN.....</u>	<u>ii</u>
<u>DEDICATORIAS.....</u>	<u>v</u>
<u>INDICE GENERAL.....</u>	<u>vi</u>
<u>INDICE DE TABLAS.....</u>	<u>x</u>
<u>INDICE DE FIGURAS.....</u>	<u>xi</u>
 <u>INDICE GENERAL .....</u>	 <u>VI</u>
 <u>INDICE DE TABLAS.....</u>	 <u>X</u>
 <u>INDICE DE FIGURAS.....</u>	 <u>XI</u>
 <u>CAPITULO I: CONCEPTOS GENERALES.....</u>	 <u>1</u>
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. MARCO CONCEPTUAL.....	3
1.2.1. AGRICULTURA EN EL PERÚ .....	3
1.2.2. ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA.....	4
1.1.1 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA) .....	5
1.2.3. SISTEMA DE RIEGO .....	5
1.2.4. RIEGO POR SUPERFICIE.....	6
1.2.5. DISEÑO AGRONÓMICO .....	6
1.2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET) .....	6
1.2.7. MÉTODO PENMAN-MONTEITH .....	6
1.2.8. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.....	6
1.3. MARCO REGULATORIO .....	7
1.3.1. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS (LEY N° 29338) .....	8
1.3.2. LEY DE LAS ORGANIZACIONES DEL AGUA (LEY N° 30157) .....	9
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	10
1.4.1. CROPWAT 8.0 .....	10
1.4.2. HURAGIS .....	11
1.4.3. SIAR.....	11
1.5. CONCLUSIONES SOBRE EL ESTADO DEL ARTE.....	12
 <u>CAPÍTULO 2: OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y ALCANCE.....</u>	 <u>14</u>



2.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
2.3. RESULTADOS ESPERADOS.....	14
2.4. HERRAMIENTAS, MÉTODOS Y METODOLOGÍAS .....	15
2.4.1. HERRAMIENTAS.....	15
2.4.1.1. BPMN2 .....	15
2.4.1.2. MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH.....	15
2.4.1.3. IDEF1X.....	15
2.4.2. METODOLOGÍAS .....	16
2.5. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	19
2.5.1. ALCANCE .....	19
2.5.2. LIMITACIONES .....	19
2.5.3. RIESGOS .....	21
2.6. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD .....	21
2.6.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	22
2.6.2. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD .....	22
2.6.2.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	22
2.6.2.2. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	23
2.6.2.3. VIABILIDAD TEMPORAL.....	23

### CAPÍTULO III: DEFINICIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MODELADO DE LOS PROCESOS

#### DEL NEGOCIO .....

24

3.1. OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN .....	24
3.2. FUNCIONES DE LA ORGANIZACIÓN.....	24
3.3. PROCESOS DE NEGOCIO .....	26
3.4. MODELADO DE PROCESOS DE NEGOCIO.....	26
3.4.1. ASIGNACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA.....	26
3.4.2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POR CAMPAÑA.....	27
3.4.3. VENTA DEL AGUA .....	28
3.4.4. ENTREGA DEL AGUA.....	29

### CAPÍTULO IV: MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH.....

31

4.1. PROPÓSITO.....	31
4.2. DEFINICIÓN DEL MÉTODO FAO PENMAN MONTEITH .....	32
4.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	32

4.3.1. TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE (T) .....	33
4.3.2. PENDIENTE DE CURVA DE PRESIÓN ( $\Delta$ ) .....	33
4.3.3. RADIACIÓN NETA EN LA SUPERFICIE DEL CULTIVO ( $R_N$ ) .....	33
4.3.4. FLUJO DE CALOR DEL SUELO (G) .....	35
4.3.5. CONSTANTE PSICOMÉTRICA (Y) .....	35
4.3.6. VELOCIDAD DEL VIENTO ( $U_2$ ) .....	36
4.3.7. PRESIÓN DE VAPOR DE SATURACIÓN ( $E_s$ ) .....	36
4.3.8. PRESIÓN REAL DE VAPOR ( $E_A$ ) .....	36
4.4. DEFINICIÓN DE LA LÓGICA EN EL SISTEMA .....	37
4.4.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	37
4.4.2. DEFINICIÓN DEL FACTOR DEL COEFICIENTE DE EVAPOTRANSPIRACIÓN – $K_c$ .....	39
4.4.3. DEFINICIÓN DEL MÉTODO EN EL SISTEMA .....	40
 <u>CAPÍTULO V: INDICADORES DE GESTIÓN</u> .....	 41
5.1. PROPÓSITO .....	41
5.2. METODOLOGÍA .....	41
5.3. IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS Y FACTORES CRÍTICOS .....	41
5.4. DEFINICIÓN DE INDICADORES .....	42
 <u>CAPÍTULO VI: ARQUITECTURA USADA EN LA SOLUCIÓN</u> .....	 44
6.1. LIMITACIONES DE ARQUITECTURA .....	44
6.2. ARQUITECTURA DE SOFTWARE .....	44
6.3. PATRÓN DE ARQUITECTURA .....	44
6.4. MODELO, VISTA Y CONTROLADOR .....	45
 <u>CAPÍTULO VII: ELABORACIÓN DE LA SOLUCIÓN</u> .....	 46
7.1. ANÁLISIS .....	46
7.1.1. RECOPIACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE .....	46
7.1.2. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN .....	48
7.2. DISEÑO .....	48
7.3. CONSTRUCCIÓN .....	50
 <u>CAPÍTULO VIII: RESULTADOS</u> .....	 53



8.1. RESULTADO 1 .....	53
8.2. RESULTADO 2 .....	53
8.3. RESULTADO 3 .....	53
8.4. RESULTADO 4 .....	53
8.5. RESULTADO 5 .....	54
 <u>CAPÍTULO IX: OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</u> .....	 55
9.1. OBSERVACIONES .....	55
9.2. CONCLUSIONES .....	55
 <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	 57

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. CUADRO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN .....	13
TABLA 7.1. MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN .....	46
TABLA 7.2. MÓDULO DE GESTIÓN .....	47
TABLA 7.3. MÓDULO DE REPORTES .....	47
TABLA 7.4. MÓDULO DE CONFIGURACIÓN .....	47

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. TERRITORIO AGRÍCOLA EN EL PERÚ .....	4
FIGURA 1.2. ORGANIGRAMA DE LAS ORGANIZACIONES DE AGUA EN EL PERÚ.5	
FIGURA 1.3. VISTA DE CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET). ....	10
FIGURA 1.4. VISTA DE ESQUEMA DE RIEGO .....	11
FIGURA 1.5. VISTA PRINCIPAL DEL SISTEMA.....	12
FIGURA 2.1. FÓRMULA DE FAO PENMAN-MONTEITH.....	16
FIGURA 2.2. COBERTURA INTERNET MÓVIL - PROVINCIA PACASMAYO.....	20
FIGURA 2.3. COBERTURA INTERNET MÓVIL – DISTRITO JEQUETEPEQUE.....	21
FIGURA 3.1. ORGANIGRAMA DE LAS ORGANIZACIONES DE AGUA EN EL PERÚ.....	25
FIGURA 3.2. ASIGNACIÓN DE AGUA DISPONIBLE. ....	27
FIGURA 3.3. ASIGNACIÓN DE AGUA POR CAMPAÑA. ....	28
FIGURA 3.4. VENTA DE AGUA .....	29
FIGURA 3.5. ENTREGA DEL AGUA .....	30
FIGURA 4.1. INTERFAZ GRÁFICA AQUASTAT .....	38
FIGURA 4.2. CURVA DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO .....	39

## CAPITULO I: CONCEPTOS GENERALES

En el presente capítulo se da a conocer la problemática, se contextualiza el problema y se presenta el marco teórico y regulatorio sobre el cual se basará la solución de la problemática.

### 1.1. Problemática

A lo largo del tiempo, la tierra ha ido sufriendo diversos cambios causados por terremotos, erupciones volcánicas, cambios climáticos, entre otros. Los cambios climáticos han sido causados en gran medida por el incremento de la temperatura mundial; y en los últimos años que se ha visto afectado por la industrialización. Entre los sectores que se han visto más afectados a nivel mundial se encuentra la agricultura, sector en el cual el agua desempeña un papel fundamental para el logro de sus objetivos. La agricultura en el Perú no ha sufrido aún las consecuencias del cambio climático; pero considerando la escasez mundial del agua se han ido tomando medidas con el fin de realizar un uso eficiente del recurso hídrico [COL2009].

El consumo del agua en el Perú se encuentra en gran proporción concentrada en el sector agrícola, 80% del total, mientras que solo el 20% es compartido entre el sector industrial, minero y poblacional. En cuanto a la superficie territorial, el 30.1% del territorio peruano se encuentra dedicado a la actividad agropecuaria de la cual 20 millones de peruanos subsisten y contribuyen con el 7.6% del producto bruto interno (PBI) de la economía peruana [PROD2014]. Las cifras mencionadas indican que existe un gran volumen de agua usado para la agricultura, el cual debe ser usado de manera eficiente y adecuada ante el creciente problema generado por el cambio climático.

Los recursos hídricos en el Perú se encuentran regulados por la ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”, encargada de regular el uso y gestión de los recursos hídricos en el territorio peruano; en dicha norma se establece a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como ente regulador y máxima autoridad del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos [LEY29338]. Además, dada la gran cantidad de agricultores es que la ley indica que estos pueden organizarse en juntas, comisiones y comités de usuarios de agua con el fin de participar en la gestión y uso sostenible de los recursos hídricos. Recientemente, en enero del 2014, se promulgó la ley N° 30157 “Ley de Organizaciones de usuarios de agua”, encargada de regular la constitución y el funcionamiento de las mencionadas organizaciones de usuarios de agua [LEY30157].

En la actualidad, las organizaciones de usuarios de agua tanto a nivel de las juntas, comisiones y comités presentan problemas para asegurar el uso eficiente de los recursos hídricos a nivel nacional debido a que cuentan con información insuficiente, fragmentada y poco fiable [ANA2013]. Por ello, para identificar a profundidad cuáles son las causas de los problemas que presentan las organizaciones de usuarios de agua es que se tomará como escenario a la comisión de usuarios de San Pedro ubicado al norte del Perú en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad.

La junta nacional de usuarios de distritos de regantes en el Perú tiene registrado a 114 juntas de usuarios, siendo una de ellas la junta de Jequetepeque. Esta junta cuenta, a su vez, con 14 comisiones de usuarios, entre las cuales se encuentra la comisión de usuarios de Jequetepeque. Dicha comisión pertenece a la comisión de usuarios de San Pedro, la cual cuenta con 14 comités de usuarios a cargo [JNUP2014].

Entre los problemas que presenta la comisión de usuarios de San Pedro, se encuentra la falta de control respecto al dinero recaudado por el uso del agua. Este problema es causado por la falta de una herramienta que permita realizar seguimiento a las cuotas de pago que realiza cada agricultor con el cual se podría identificar si el agricultor se encuentra al día en los pagos, que no se haya excedido de la cuota de caudal disponible para cada agricultor, y asimismo registrar la entrega del agua priorizando la necesidades de las parcelas (ver el anexo 1).

Otro de los problemas que presenta la comisión de usuarios de San Pedro se da cuando los agricultores solicitan el volumen de agua requerida para sus chacras tomando como referencia supuestos basados en la experiencia del mismo agricultor. Esta falta de exactitud al momento de solicitar el servicio; conlleva a un uso ineficiente del escaso recurso hídrico y no permite que el agricultor pueda hacer uso adecuado de sus recursos económicos. Una de las posibles consecuencias que podría generar tomar decisiones en base a supuestos es que la cantidad de agua solicitada podría no cubrir la necesidad de agua requerida por las chacras del agricultor. Otra posible consecuencia, es que parte de la cantidad solicitada de agua podría quedar como sobrante generando así pérdidas para el agricultor (ver anexo 1).

Finalmente, la comisión de usuarios de San Pedro también presenta problemas al momento de entregar el agua, debido a que no se cuenta con información centralizada

sobre los pagos que realizan los agricultores a las juntas de usuarios y tampoco se lleva un registro sobre el estado de higiene en el que se encuentran los canales de regadío. Dichos datos facilitarían conocer qué agricultor tendría prioridad para recibir el agua, además de permitir que se notifique a los agricultores el momento aproximado en el que contarían con el recurso; ello, solucionaría el problema existente entre los regantes (ver anexo 1).

En resumen, siendo el 80% del agua usada para el consumo en el sector agrícola, y siendo este regulado por las organizaciones de usuarios de agua en el Perú es que se busca que el recurso hídrico sea usado y administrado de manera eficiente con el fin de evitar el desperdicio del agua y generar mayores rentabilidades con las cosechas de los agricultores. Por ello, se propone desarrollar una herramienta que cubra las necesidades encontradas en la comisión de usuarios de San Pedro; y a su vez, cubra las necesidades de otras juntas, comisiones y comités de usuarios que velan por regular el recurso hídrico en el Perú.

El presente proyecto de fin de carrera tiene como finalidad implementar un sistema de información como herramienta de apoyo para la gestión del agua en las organizaciones de usuarios de agua del Perú. Con el sistema propuesto se busca solucionar cada uno de los problemas mencionados en párrafos anteriores como el desconocimiento sobre el volumen referencial de agua que un cultivo requiere para ser cosechado, falta de un medio a través del cual los agricultores puedan conocer la fecha de entrega de sus solicitudes y hacer seguimiento de las mismas; y un medio a través del cual cada nivel de organización pueda hacer seguimiento de las organizaciones que tiene asignadas.

## **1.2. Marco Conceptual**

A continuación, se procederá a definir conceptos y teorías que conforman el escenario relacionado al problema del proyecto, lo cual permitirá que se conozca con mayor detalle las consideraciones a tomar en cuenta para el desarrollo de la solución.

### **1.2.1. Agricultura en el Perú**

En las últimas décadas, la superficie agrícola ha ido mejorando gracias a las buenas condiciones climáticas que se vienen dando anualmente como lo indica el último censo agropecuario realizado por el INEI en el 2012. Los resultados del censo agropecuario mostrados en la Figura 1.1 indican que el 18.5% de la superficie terrestre del país (7'125,007 Hectáreas - Has) es usada para actividades agrícolas de la cual la región



sierra cuenta con la mayor proporción - 46.2%, le sigue la selva con un 30.1% y por último la región Costa con un 23.7% [CEN2012].

El resto de la superficie terrestre es no agrícola, destinada a pastos naturales, montes, bosques y otros usos, representada por un 81.5% de la superficie terrestre. La superficie no agrícola del país es representada en la región Sierra por un 60.0%, en la Selva por un 31.3% y en la Costa por un 8.7%.

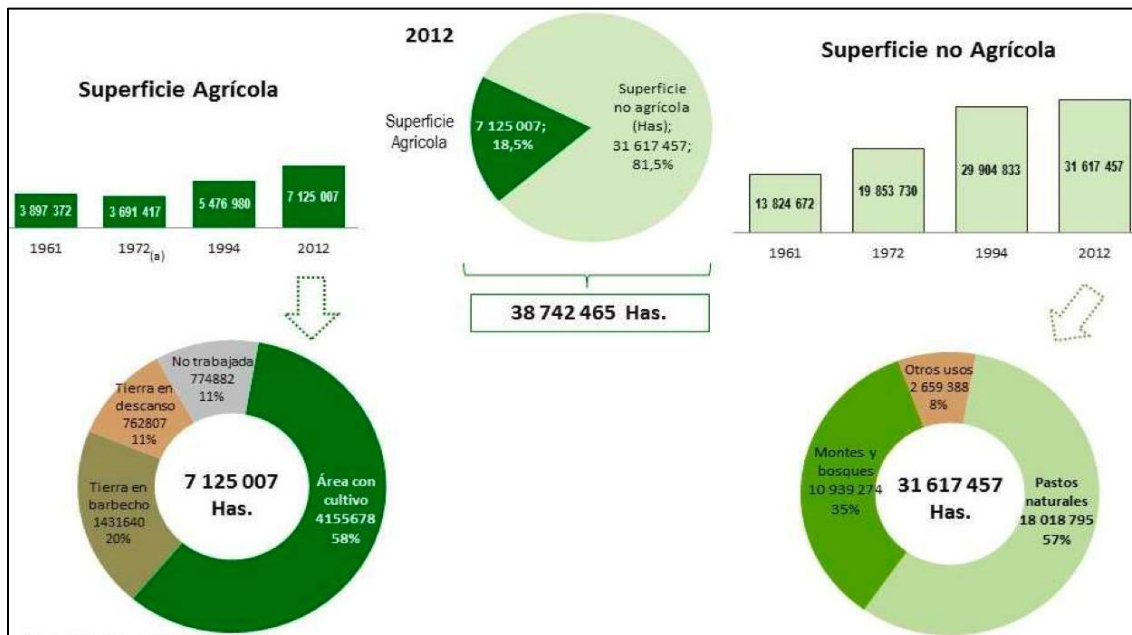


Figura 1.1. Territorio Agrícola en el Perú [CEN2012].

Es importante mencionar que el 11% de superficie terrestre peruana (774,882 Has) aún es tierra agrícola no trabajada debido principalmente a la falta de agua, 49% de la superficie no agrícola (378,912.23 Has) no puede ser usada para cultivar, siendo la Costa la región más afectada. Entre los tipos de riego con las que cuentan las superficies agrícola en el Perú se encuentran cuatro tipos: riego por gravedad (88%), goteo (7.03%), aspersión (4.80%) y exudación (0.20%) [CEN2012].

### 1.2.2. Organizaciones de Usuarios de Agua

Las organizaciones de agua se encuentran estructuradas según el organigrama de la Figura 1.2.

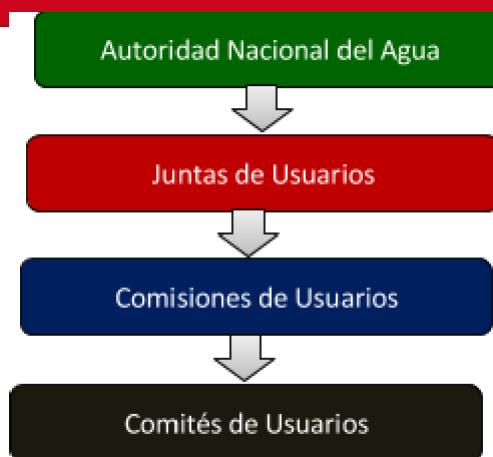


Figura 1.2. Organigrama de las Organizaciones de Agua en el Perú [Elaboración Propia].

### 1.1.1 Autoridad Nacional del Agua (ANA)

La Autoridad Nacional del Agua es la organización reguladora y máxima entidad de las organizaciones de Usuarios de Agua en el Perú. Es la encargada de regular y aprobar las tarifas de agua propuestas por las juntas de usuarios, así como velar por el funcionamiento adecuado de los recursos hídricos que las organizaciones de usuarios deben de realizar [LEY30157].

#### 1.2.2.1. Juntas de Usuarios

Constituidas por las comisiones de usuarios que comparten un sector hídrico, los cuales representan a los usuarios en las comisiones de usuarios [LEY30157].

#### 1.2.2.2. Comisiones de Usuarios

Constituidas por comités de usuarios que comparten a los usuarios que integran un sub sector hidráulico los cuales representan a sus integrantes ante la Junta de Usuarios [LEY30157].

#### 1.2.2.3. Comités de Usuarios

Los comités de usuarios representan a los usuarios que comparten infraestructura hidráulica los cuales representan a sus integrantes ante las comisiones de usuarios [LEY30157].

### 1.2.3. Sistema de Riego

Conjunto de unidades territoriales, usuarios y canales que usan una misma fuente principal de agua, el cual tiene interdependencia directa en términos de operación,

mantenimiento y administración de la infraestructura hidráulica así como de la distribución del agua [HEN2009].

#### **1.2.4. Riego por Superficie**

También conocido como riego por gravedad, es una de las técnicas más usadas en el mundo, además de ser el método más apropiado y económico para suelos llanos y pesados. El riego por superficie se puede dar por canteros, surcos o fajas [CAS2000].

#### **1.2.5. Diseño Agronómico**

Primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, a través del cual se determina la cantidad de agua que ha de transportarse para cubrir la necesidad de una superficie [CAS2000].

#### **1.2.6. Evapotranspiración (ET)**

Indica la cantidad de agua pérdida expresada en milímetros por unidad de tiempo. La evapotranspiración es la combinación de dos procesos por separado por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo, un porcentaje se pierde por la evaporación y otra mediante la transpiración del cultivo. En un ciclo de cultivo la evapotranspiración se presenta de la siguiente manera: en las primeras etapas del cultivo el agua se pierde por evaporación directa del suelo, luego, cuando el cultivo cubre la superficie del suelo pasa a perder agua por transpiración [ALL2006].

#### **1.2.7. Método Penman-Monteith**

El cual es considerado como el método estándar de todos los métodos combinados para estimar la evapotranspiración del cultivo. Este método está conformado por la suma de la evapotranspiración radiación y aerodinámica [CAR2013].

#### **1.2.8. Investigación de Operaciones**

También conocida como investigación operacional. En países europeos es la aplicación del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones. Tiene el propósito de que se generen soluciones para contribuir a que la organización alcance sus objetivos de mejor manera [PRA2000].

Los modelos que se utiliza en la investigación de operaciones son matemáticos, los cuales toman forma de ecuaciones. Estos modelos matemáticos permiten encontrar una solución exacta o aproximada de las componentes de un sistema con el fin de que pueda comportarse de una mejor manera bajo ciertos criterios [PRA2000].

Entre los beneficios de aplicar la investigación operativa en proyectos de la vida real se encuentran los siguientes:

**1.2.8.1. Incrementar la posibilidad de tomar mejores decisiones**

Esto se debe a que antes de aplicar la investigación de operaciones en una organización, las decisiones son tomadas por intuición. Es una actividad natural, ya que en los sistemas existen varios componentes y el ser humano sin la ayuda de una herramienta sofisticada (Investigación de operaciones) y herramientas electrónicas (computadoras) no pueden visualizar, ni analizar todas las posibles alternativas generadas por todas las interacciones en un sistema [PRA2000].

**1.2.8.2. Mejora la coordinación entre las múltiples componentes de la organización**  
Generando un nivel mayor de ordenación entre los componentes que conforman el sistema. Pe.: No solicitar mayor cantidad de agua si según los pronósticos del Senamhi lloverá regularmente los siguientes meses [PRA2000].

**1.2.8.3. Mejora el control del sistema**

Se logra mejoría en el control del sistema al instituir procedimientos sistemáticos que supervisan las operaciones que se llevan a cabo en la organización, evitando regresar a un sistema deficiente [PRA2000].

**1.2.8.4. Lograr un mejor sistema**

Se alcanza un sistema mejorado al hacer que opere con costos bajos, logrando mejor coordinación entre los elementos que conforman un sistema. Además una vez aceptada las soluciones generadas por la investigación de operaciones en las organizaciones se dan varios beneficios tanto cuantitativos como cualitativos [PRA2000].

**1.3. Marco Regulatorio**

En esta sección se presenta un breve resumen de las siguientes leyes “ley de recursos hídricos” y “ley de organizaciones de usuarios de agua” con el fin de que se pueda comprender la existencia de las organizaciones de usuarios de agua en el Perú.

A continuación se hace mención de los artículos más relevantes de las leyes mencionadas para la comprensión del problema:

### 1.3.1. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)

Publicada el 31 de marzo del 2009 por conformidad del ex Presidente de la República Alan García Pérez y el ex Presidente del Consejo de Ministros Yehude Simon Munaro. La “Ley de Recursos Hídricos” tiene como objetivo regular el uso y gestión de los recursos hídricos del Perú [LEY29338]. Entre los artículos de interés para la comprensión del problema se debe considerar que:

En el artículo 4.- “Denominaciones del Título I Disposiciones Generales” se menciona la existencia de la autoridad nacional como la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En el artículo 15.-“Funciones de la Autoridad Nacional del Capítulo II Autoridad Nacional del Agua del Título II Sistema Nacional de Gestión de los recursos hídricos” se menciona que el ANA es la encargada de establecer el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de agua, los cuales deberán ser aprobados por decreto supremo. Además en el mismo artículo se menciona que el ANA es la entidad encargada de supervisar y evaluar las actividades, impacto y cumplimiento de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, así como el establecimiento de parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

En el artículo 26.- “Organizaciones de usuarios del Capítulo V Organizaciones de Usuarios del Título II Sistema Nacional de Gestión de los recursos hídricos” se menciona como están organizadas las organizaciones de usuarios de agua. En este artículo se especifica que las organizaciones de usuario están conformadas por comités, comisiones y juntas de usuarios. Los comités de usuarios son el nivel mínimo de la organización y se encuentran integrados a las comisiones de usuarios y éstas a las juntas de usuarios.

En el artículo 27.- “Naturaleza y finalidad de las organizaciones de usuarios del capítulo V Organizaciones de Usuarios del Capítulo II Sistema Nacional de Gestión de los recursos hídricos” se menciona que las organizaciones son asociaciones civiles las cuales tienen como finalidad la participación organizada de los usuarios y el uso sostenible de los recursos hídricos. Además se menciona que el ANA es el ente que lleva registro de todas las organizaciones de usuarios establecidas conforme a ley.

En el artículo 35.- “Clases de usos de agua y orden de prioridad del Capítulo V Organizaciones de Usuarios del Título II Sistema Nacional de Gestión de los recursos

hídricos” se menciona que la ley reconoce tres clases de uso de agua: uso primario, uso poblacional y uso productivo. La prioridad para el otorgamiento y ejercicios de uso corresponden al orden en que fueron mencionados.

En el artículo 44.- “Derechos de uso de agua del capítulo I Disposiciones Generales del Título IV Derechos de uso de agua se menciona que para usar el recurso hídrico”, salvo el uso primario, se debe contar con un derecho de uso otorgado por la ANA con participación del Consejo de Cuenca Regional.

### **1.3.2. Ley de las Organizaciones del Agua (Ley N° 30157)**

Publicada el 19 de Enero del 2014 por el Presidente Constitucional de la República Ollanta Humala Tasso y el Presidente del Consejo de Ministros César Villanueva Arévalo. La “Ley de las Organizaciones de usuarios de Agua” tiene como objetivo regular la constitución y el funcionamiento de las organizaciones de usuarios de agua previstas en la Ley 29338 “Ley de Recursos Hídricos” [LEY30157]. Entre los artículos de interés para la comprensión del problema se debe considerar las que siguen:

En el artículo 2.- “Naturaleza de las organizaciones de usuarios de agua” se menciona que las organizaciones de usuarios de agua no persiguen fines de lucro y su actividad en la gestión de infraestructura hidráulica y de los recursos hídricos son de interés público.

En el artículo 3.- “De las Organizaciones de usuarios de agua” se menciona que los usuarios de agua se organizan en Juntas de Usuarios, Comisiones de Usuarios y Comités de Usuarios. De los cuales, los comités de usuarios son el nivel básico de la organización y se integran a las comisiones de usuarios, quienes forman parte de las juntas de usuarios.

En el artículo 12.- “Supervisión y Fiscalización” se menciona que el ANA recibe la otorgación para supervisar, fiscalizar y sancionar a las juntas de usuarios respecto a las siguientes funciones: el cumplimiento del Plan de Operación y Mantenimiento y Desarrollo de la Infraestructura Hidráulica, la aplicación de las tarifas, la recaudación y transferencia de la retribución económica, la distribución de agua conforme a los derechos de uso de agua, la realización de auditorías a sus estados financieros y de gestión, entre otros que se establezcan en el reglamento.



## 1.4. Estado del arte

En este punto se describen las soluciones existentes que a la fecha han sido usadas en otras organizaciones y que han logrado buenos resultados.

A continuación se describen las soluciones existentes en el mercado que permiten resolver el uso eficiente del agua como apoyo a la gestión de las organizaciones de usuarios de agua.

### 1.4.1. CropWat 8.0

Es un sistema de licencia libre, desarrollado por el organismo mundial de agricultura y alimentación de las Naciones Unidas. CropWat es un software que permite el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos y las necesidades de riego tomando como base los datos de la tierra, clima y de los cultivos [CROP2013]. El programa permite el desarrollo de programas de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo de abastecimiento de agua para sistemas de cultivo diferentes. En la Figura 1.3. se puede visualizar una vista del programa CropWat.

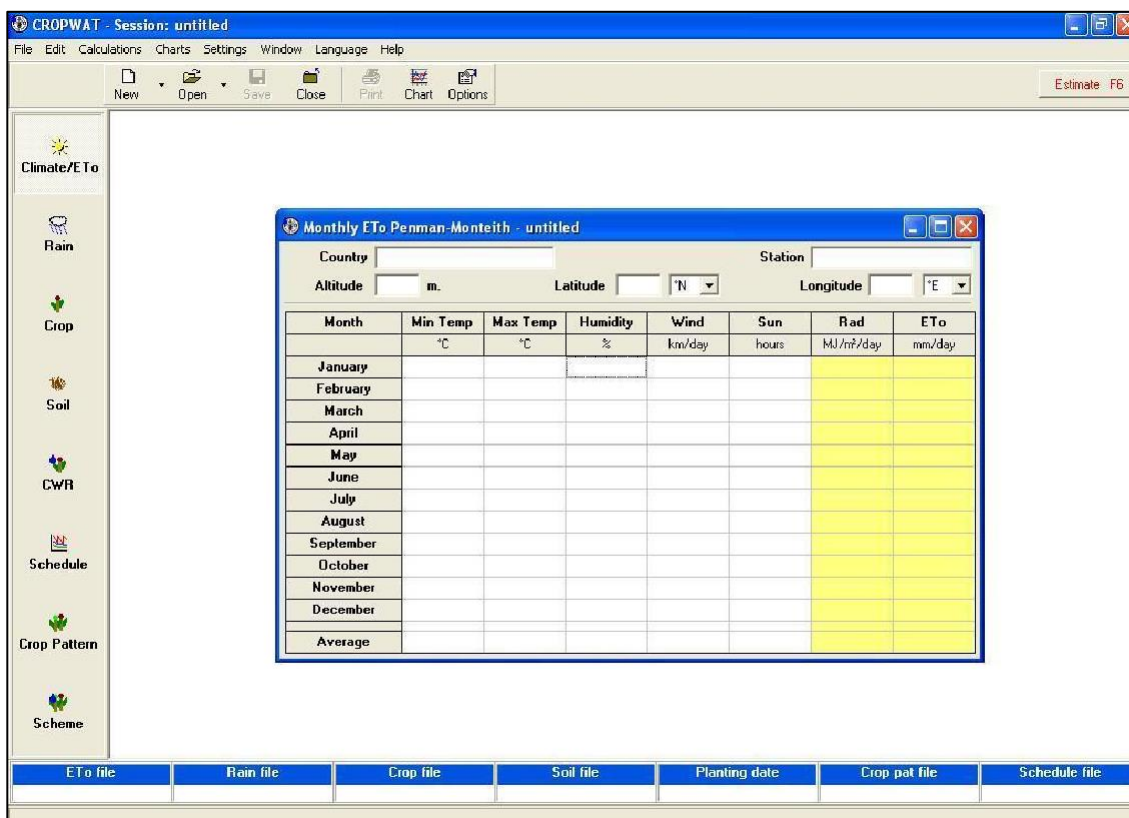


Figura 1.3. Vista de Cálculo de la evapotranspiración (ET) [CROP2013].

### 1.4.2. HuraGIS

Cuyas siglas significan Herramientas para el Uso Racional del agua con el apoyo de un GIS, es un sistema de información que surgió por la necesidad de ahorrar agua en la agricultura, centrándose en las comunidades de regantes [HUR2014].

Permite aumentar la eficiencia del riego, siempre que se haga un uso racional del agua. Para lograr la eficiencia en el uso del agua se requiere efectuar un seguimiento y control de todos los procesos que intervienen en la gestión del riego.

En la Figura 1.4. se puede visualizar una vista del programa.



Figura 1.4. Vista de esquema de riego [HUR2014].

### 1.4.3. SIAR

Cuyas siglas significan Sistema de Información Agroclimática para el Regadío, es un sistema de información que tiene como principal función crear una infraestructura que capture, registre y transmita los datos necesarios para el cálculo de la demanda hídrica de las zonas de bajo riego [SIAR2014].

Este software permite obtener parámetros como la temperatura y humedad de aire, la velocidad y dirección del viento, la radiación solar y precipitación, con el objetivo de extraer conclusiones sobre las necesidades de riego basadas en datos reales de las propias zonas. La fiabilidad de los datos unida al cálculo de la evapotranspiración proporciona una mayor precisión al determinar las necesidades de riego de los cultivos [SIAR2014]. Se puede visualizar en la Figura 1.5. la vista principal del programa SIAR.



Figura 1.5. Vista Principal del Sistema [SIAR2014]

Cabe mencionar que en el banco de tesis de la facultad de Ciencias e Ingeniería de la especialidad de Ingeniería Informática existe una tesis “Sistema de Información para la administración de proyectos relacionados a la gestión del agua y el ambiente en cuencas”, presentada por dos ex alumnos en el año 2008, el tema del proyecto mencionado se enfoca a la gestión de proyectos. Debido a que el enfoque es distinto no se le está considerando como parte del estado del arte.

### 1.5. Conclusiones sobre el estado del arte

En base a la revisión de arte revisada se presenta la tabla 1.1., la cual muestra un cuadro comparativo con las características más relevantes de cada uno de los sistemas de información encontrados. Según lo mostrado en la tabla se puede deducir que en la actualidad existen sistemas de información que cubren las necesidades relacionadas con la demanda de agua, que además de estar integradas con sistemas de información geográfica, permiten brindar una estimación de la cantidad de agua a requerir en función a las condiciones climatológicas de la zona donde se encuentran

las parcelas. Pese a ello, ninguno de los sistemas de información listados en la Tabla 1.1. permiten administrar los datos históricos sobre el consumo de agua, cultivos y demanda del agua.

Tabla 1.1. Cuadro comparativo de sistemas de información [Elaboración Propia]

Funcionalidad	CropWat	HuraGIS	SIAR
Registro del consumo del recurso hídrico por Organización de agua.	No	No	No
Cálculo demanda del agua en base a condiciones climáticas.	Si	Si	Si
Integración con un SIG.	No	Si	Si
Administración de datos históricos sobre el consumo de agua, cultivos y demanda del agua.	No	No	No

Por ello, al desarrollar este proyecto de fin de carrera se pretende aportar al estado del arte, sumando una solución que incluya funcionalidades como la ya existente, demanda del agua, sino que también permita realizar el registro sobre el consumo que realiza cada organización de usuario de agua y la administración de datos históricos sobre el consumo de agua, cultivos y demanda del agua. Esta funcionalidad, que no ha sido cubierta aún por los sistemas de información existentes, generará un valor agregado para quienes estén interesados en utilizarlo, como las organizaciones de usuarios. Es así, que se busca implementar una solución con las herramientas tecnológicas que existen actualmente que pueda ser usado por las organizaciones de usuarios de agua para realizar una gestión eficiente y adecuada sobre el recurso hídrico en el Perú.

## CAPÍTULO 2: OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y ALCANCE

En esta sección se definirán los pasos que se realizarán para llegar al objetivo general del proyecto, además de describir las herramientas usadas. Finalmente, se identificará la metodología adecuada para la gestión del proyecto y la del desarrollo del producto, así como la justificación y viabilidad del mismo.

### 2.1. Objetivo General

Analizar, diseñar e implementar un sistema de información como herramienta de apoyo a las organizaciones de usuarios de agua del Perú con el fin de controlar la gestión del recurso hídrico en las zonas agrícolas del país.

### 2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar objetivos y procesos de negocio de las organizaciones de usuarios de agua.
- Elección del método que permitirá obtener el volumen de agua referencial requerido por cultivo según la ubicación geográfica donde se encuentre y descripción la de los pasos para el cálculo con la opción elegida.
- Definir la tecnología y la estructura de datos que será utilizada por el sistema de información a desarrollar.
- Definir una lista de indicadores de gestión que permitan a las organizaciones de usuarios de agua realizar seguimiento a sus objetivos.
- Elaboración de la solución y desarrollo del software.

### 2.3. Resultados Esperados

- Resultado 1 para el objetivo 1: Documento que contiene los procesos de negocio modelados.
- Resultado 2 para el objetivo 2: Documento que contiene el porqué de la elección del método Penman-Monteith para calcular la cantidad de agua que requiere un cultivo para ser cosechado. Además, la descripción de los pasos a seguir para que el sistema de información pueda sugerir el volumen referencial de agua requerido por cultivo.



- Resultado 3 para el objetivo 3: Documento que contiene la tecnología usada para desarrollar el sistema de información; así, como la estructura de datos que soportará la información a requerir por el proyecto.
- Resultado 4 para el objetivo 4: Documento que contiene una lista de indicadores de gestión que permitirá que las organizaciones puedan realizar un seguimiento a sus objetivos definidos.
- Resultado 5 para el objetivo 5: Producto del sistema esperado.

## **2.4. Herramientas, Métodos y Metodologías**

En esta sección se presenta un detalle sobre las herramientas, métodos y metodologías que permitieron llevar acabo el desarrollo del proyecto.

### **2.4.1. Herramientas**

A continuación se listan las herramientas usadas para cumplir con el desarrollo de cada objetivo especificado en el proyecto.

#### **2.4.1.1. BPMN2**

Business Process Model and Notation es una notación de estándar internacional, el cual permite describir los pasos de un proceso de negocio de manera clara y concisa. Además permite que los encargados de analizar, diseñar, controlar y gestionar procesos en una organización puedan comunicarse y entenderse entre sí, ya que todos manejan la misma notación de lenguaje [BPM2014].

#### **2.4.1.2. Método FAO Penman-Monteith**

Este método es el único recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este método permite calcular el requerimiento de agua por tipo de cultivo a través de la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) [MPM2014].

#### **2.4.1.3. IDEF1X**

Método que permite la construcción de modelos de datos de manera estándar y cuyo principal objetivo es apoyar a la integración de datos en una organización. Entre otros objetivos, este método permite entender y analizar los recursos de datos de una organización así como la presentación macro de los datos que se requieren para ejecutarlos en una empresa [IDEF2002].



La fórmula del método se puede observar en la Figura 2.1.:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

Donde

- $ET_o$ : Evapotranspiración de referencia [ $\text{mm d}^{-1}$ ]
- $R_n$ : Radiación neta en la superficie de la planta [ $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ]
- $G$ : Flujo térmico del suelo [ $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ]
- $T$ : Temperatura media [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $U_2$ : Velocidad del viento medida a 2 m de altura [ $\text{m s}^{-1}$ ]
- $(e_a - e_d)$ : Déficit de la Presión de Vapor [ $\text{kPa}$ ]
- $\Delta$ : Pendiente de la Curva de Presión de Vapor [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]
- $\gamma$ : Constante psicrométrica [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]: ecuación (4)
- 900: Factor de conversión

Figura 2.1. Fórmula de FAO Penman-Monteith [MPM2014].

## 2.4.2. Metodologías

Las metodologías permiten definir un conjunto de herramientas con el fin de guiar y controlar el proceso de desarrollo y ejecución del Proyecto, así como el producto a desarrollar. Es así que para gestionar el proyecto se ha escogido a PMBOK (Project Management Body of Knowledge), el cual es un conjunto de buenas prácticas que provee una colección de sistemas, procesos y áreas de conocimiento. Por otro lado, para gestionar el desarrollo del producto se ha escogido RUP (Rational Unified Process), proceso formal que provee un acercamiento disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de un equipo de desarrollo.

### 2.4.2.1. PMBOK como metodología de proyecto

Para el desarrollo del proyecto se usarán algunos principios del PMBOK en su versión 5, mas no la metodología completa. Según la metodología se reconocen a 5 grupos de procesos durante el desarrollo del proyecto: Inicio (definición del proyecto), Planificación (establecimiento del alcance del proyecto), Ejecución (desarrollo del trabajo definido en el plan de proyecto), Seguimiento y Control (seguimiento, análisis y regularización del progreso del proyecto) y Cierre (finalización formal y ordenada de todas las actividades del proyecto [PMBOK]).

A continuación, se mencionarán las áreas que se considerarán para el desarrollo del proyecto.

#### **2.4.2.1.1. Gestión de la Integración del Proyecto**

Esta área busca que los distintos elementos del proyecto se encuentren coordinados adecuadamente, esto se logra mediante la actualización constante del plan de gestión del proyecto y la definición de políticas para la gestión de cambios.

Aplicación al Proyecto:

- Plan de Proyecto (ver anexo 2)

#### **2.4.2.1.2. Gestión del Alcance del Proyecto**

Área que garantiza que el proyecto incluya todo el trabajo requerido para finalizarlo exitosamente. Se define qué se requiere hacer y qué no, así como se define qué características y funciones tendrá el producto y cuáles no.

Aplicación al Proyecto:

- Crear Estructura de descomposición del trabajo (ver anexo 3).
- Recopilar los requisitos del Sistema de Información (ver anexo 4).

#### **2.4.2.1.3. Gestión del Tiempo del Proyecto**

Esta área permitirá asegurar que el proyecto se termine en el tiempo pactado. Es por ello, que es de vital importancia distribuir y estimar las actividades considerando las dependencias entre las mismas y el tiempo que se cuenta para el desarrollo del proyecto.

Aplicación al Proyecto:

- Definir las actividades a desarrollar (ver anexo 5).
- Estimar el tiempo de las actividades del proyecto (ver anexo 5).
- Establecer la secuencia de las actividades (ver anexo 5).

#### **2.4.2.1.4. Gestión de la Calidad del Proyecto**

Esta área permitirá asegurar que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue desarrollada. Es decir, los diferentes entregables deberán cumplir con los criterios de calidad para poder darlos como aceptados.

Aplicación al Proyecto:

- Definir un checklist de verificación de funcionalidades (ver anexo 6).

#### **2.4.2.1.5. Gestión de los Riesgos del Proyecto**

Área que permitirá gestionar con anticipación las incertidumbres del proyecto. Esto permitirá minimizar los efectos de los problemas y maximizar los efectos de oportunidades posibles a presentarse.

Aplicación al Proyecto:

- Establecer una Matriz de riesgos (ver anexo 7).

#### **2.4.2.2. RUP como metodología de producto**

Desarrollado por Rational Software es una metodología considerada tradicional debido a su enfoque en la documentación, planificación y procesos [FIG2014]. A continuación se mencionan las fases de RUP con los entregables que se realizaron como parte del desarrollo del proyecto.

##### **2.4.2.2.1. Concepción**

Esta etapa tiene como objetivo determinar la visión del proyecto.

Aplicación al Proyecto:

- Plan del proyecto (ver anexo 3)

##### **2.4.2.2.2. Elaboración**

En esta etapa se determina la arquitectura óptima para el desarrollo del producto.

Aplicación al Proyecto:

- Especificación de Casos de Uso (ver anexo 8).
- Diagrama de Base de Datos (ver anexo 9).

##### **2.4.2.2.3. Construcción**

Esta etapa tiene como objetivo llevar a cabo lo planteado inicialmente.

Aplicación al Proyecto:

- Módulos terminados.

##### **2.4.2.2.4. Transición**

Esta etapa tiene como fin lograr la culminación del proyecto. Para el desarrollo del proyecto, esta etapa no se considera debido a que dentro del alcance del proyecto no se encuentra la instalación e implantación del software.

## **2.5. Alcance y Limitaciones**

En esta sección se definirá qué es lo que resolverá el proyecto. Para ello, se mencionarán algunas limitaciones que podrían derivar a que el proyecto no pueda finalizarse con éxito, así como, la identificación de riesgos, que dependiendo de su probabilidad de ocurrencia, podrían influir parcial o totalmente en la finalización a tiempo del proyecto.

### **2.5.1. Alcance**

El presente proyecto de fin de carrera sitúa como ámbito a las organizaciones de usuarios de agua del Perú y toma como referencia a la organización de usuarios de San Pedro, ubicado en el departamento de La Libertad, provincia de Pacasmayo y distrito Jequetepeque, como base para el desarrollo de la problemática.

Es a través de esta organización que se identificó la necesidad de una herramienta informática que permita a las organizaciones de usuarios de agua realizar un seguimiento adecuado a la gestión que estas realizan sobre el recurso hídrico, con la finalidad de tomar decisiones más acertadas en las organizaciones de usuarios a nivel nacional.

Para la realización del proyecto se escogió el ámbito de la agricultura debido a que el 80% del agua en el Perú es usado por el sector mencionado [PROD2014]. Siendo el agua un recurso escaso a nivel mundial es que se cuenta con una entidad encargada de regularla. En el Perú la entidad encargada de regularla es la Autoridad Nacional del Agua, la cual a través de las organizaciones de usuarios de agua se encarga de velar a nivel nacional por el uso adecuado del recurso hídrico.

El proyecto final tiene como propósito el desarrollo de un sistema de información como herramienta de apoyo a las organizaciones de usuarios de agua del Perú con el objetivo de controlar la gestión del uso del recurso hídrico en la agricultura del país. Es así que el producto podrá ser usado por la entidad reguladora máxima en el Perú del agua, la Autoridad Nacional del Agua, así como, también podrá ser usada por las organizaciones de usuarios de agua que se encuentren dentro de una zona con cobertura móvil.

### **2.5.2. Limitaciones**

Para el desarrollo del proyecto se requiere de comunicación constante con el cliente para poder desarrollar de manera acertada las funcionalidades deseadas para el sistema. En este caso, el cliente es una persona de edad que se encuentra en el

distrito de La Libertad, podría darse el caso que la persona desista de brindar información para el desarrollo del Proyecto con lo cual el mismo no podría finalizarse exitosamente; ya que no se contaría con información real para la prueba de las funcionalidades del sistema.

Otro punto a considerar es que el sistema requiere de cierta cobertura de internet para el envío y recepción de información desde el servidor central, el cual estará ubicado en Lima. Es por ello, que solo las organizaciones de usuarios que se encuentren dentro de una zona con cobertura de internet podrán hacer uso del software. Este punto es importante debido a que hay organizaciones de usuarios de agua que se encuentran en distritos alejados y rurales que no cuentan con dicha cobertura.



Figura 2.2. Cobertura Internet Móvil - Provincia Pacasmayo [OSIPTEL].

En la Figura 2.2. se puede observar la cobertura de internet para la provincia Pacasmayo y en la Figura 2.3. para el distrito Jequetepeque, lugar donde se obtendrán los datos para el desarrollo del proyecto.

Finalmente, otro punto a considerar es la forma en que se obtendrán los datos que son requeridos por el método de FAO Penman-Monteith para calcular el volumen de agua a requerir por cultivo según las condiciones climáticas del lugar. Estos datos serán trabajados con información que se encuentre disponible en los datos históricos brindados por el Senamhi; sin embargo, de no lograrse obtener los datos del Senamhi, ellos serán simulados.



Figura 2.3. Cobertura Internet Móvil – Distrito Jequetepeque [OSIPTEL].

En conclusión, el proyecto cubrirá la necesidad de contar con información centralizada la cual será de utilidad para el ente regulador del agua en el Perú, el cual se alimentará con la información que brinden las organizaciones de usuarios de agua a nivel nacional.

2.5.3. Riesgos

Según las buenas prácticas mencionadas en el PMBOK es importante identificar anticipadamente los riesgos que podrían darse a lo largo del desarrollo del proyecto. Esto se realiza con el fin de minimizar los efectos negativos al materializarse un riesgo y maximizar los efectos, en caso la materialización del riesgo conlleve a consecuencias positivas.

Para la identificación de los riesgos se ha tomado como base la experiencia del tesista en los cursos de desarrollo de proyectos. Cabe mencionar que la matriz de riesgos se encuentra detallada en el anexo 7.

2.6. Justificación y Viabilidad

En esta sección se presenta la justificación del proyecto, así como la viabilidad del mismo. Con los cuales se busca dar un sustento aceptable para que el proyecto propuesto sea considerado como proyecto de tesis además de que cumpla con las variables de viabilidad técnica, económica y tiempo.



### **2.6.1. Justificación del Proyecto de Tesis**

A continuación se mencionará las razones que motivaron el desarrollo del proyecto, por qué es conveniente realizarlo y quiénes serán los beneficiarios.

La propuesta del proyecto nació debido a que a inicios del año 2014 se decretó la Ley de Organizaciones de Usuarios de Agua (Ley 30157), con la cual las organizaciones mencionadas se ven legalmente respaldadas por el gobierno para gestionar el recurso hídrico del lugar geográfico donde se encuentren de manera eficiente. Estas organizaciones realizan su gestión de manera manual y por ello, para la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ente regulador de las organizaciones de usuarios de agua en el Perú, le resulta difícil realizar un seguimiento.

El proyecto propuesto es conveniente debido a que permitiría tener información sobre la gestión de las organizaciones de usuarios en el Perú de manera centralizada, con lo que se lograría tener una visión global sobre las organizaciones de usuarios de agua y su gestión sobre el recurso hídrico. Además permite ampliar el uso eficiente de agua, ya que el sistema propondrá las cantidades de agua que se deberá usar por cultivo considerando las condiciones climáticas del lugar.

Finalmente, los beneficiarios finales serían los miembros de cada organización de usuarios de agua y el ente regulador en el Perú (ANA).

### **2.6.2. Análisis de la Viabilidad**

Para el análisis de viabilidad se ha considerado tres aspectos. Que el proyecto sea viable en lo técnico, económico y en un marco de tiempo. De cumplirse con los 3 aspectos mencionados se puede concluir que el proyecto presentado es viable para ser desarrollado.

#### **2.6.2.1. Viabilidad Técnica**

Para que el proyecto sea viable técnicamente, deberá contarse con el conocimiento y acceso a las herramientas que permitirán dar solución a la propuesta. El proyecto a desarrollar plantea el uso de herramientas para las que se cuenta con acceso, además de contar con amplia documentación en el caso de presentarse dudas sobre la realización de alguna funcionalidad. Por lo mencionado, se considera que el proyecto es viable técnicamente.

### **2.6.2.2. Viabilidad Económica**

Para que el proyecto sea viable económicamente, se buscará incurrir en el menor gasto posible de cada elemento a ser considerado. El proyecto propone la utilización de software libre con el fin de que no se incurra en la compra de licencias, con lo que el gasto sería nulo en ese aspecto. Además los recursos tanto de la persona que proveerá de información como el que llevará a cabo la solución del proyecto no generarán gastos, debido a que el cliente es una persona muy interesada en que se lleve a cabo con el desarrollo del proyecto y el tesista es dueño del proyecto. Finalmente, lo único que generará un costo es el uso de un dispositivo USB que permita contar conexión a internet, cuyo costo cotizado en las empresas que ofrecen dicho producto en el Perú varía entre 100 y 120 soles. Por lo mencionado, se considera que el proyecto cumple con la viabilidad económica.

### **2.6.2.3. Viabilidad Temporal**

Para que el proyecto cumpla con el factor de viabilidad temporal, se debe establecer un cronograma con actividades que permitan la presentación del producto en la fecha especificada. El detalle del cronograma de las actividades está contemplado en el anexo 5 del documento.

## CAPÍTULO III: DEFINICIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MODELADO DE LOS PROCESOS DEL NEGOCIO

En el siguiente capítulo se definen los objetivos de negocio de las organizaciones de usuarios de agua, la cual servirá como base para el desarrollo de la herramienta que se propone como solución al problema descrito inicialmente: La ausencia de una herramienta de apoyo para la gestión del uso del agua en zonas agrícolas.

En el Perú se define como organización de usuarios de agua a las juntas de usuarios, comisiones de regantes y comités de regantes. Se cuenta con 114 juntas de usuarios de agua registrados al mes de mayo del 2014, las cuales se encuentran regidas por el Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI), el cual fue creado con el fin de mejorar y fortalecer las organizaciones de usuarios de agua, y así conseguir resultados de mejora en la eficiencia de riego e incremento de las rentabilidades en el sector de la agricultura.

Para fines del desarrollo del proyecto de fin de carrera se revisó la misión, visión, objetivos y funciones de las organizaciones de usuarios de agua tomando como base el plan estratégico institucional planteado por el Ministerio de Agricultura el cual busca establecer un eje estratégico para las organizaciones de usuarios de agua a nivel nacional.

### 3.1. Objetivos de la Organización

- **Misión:** Planificar las actividades de la organización con el fin de mejorar la prestación del servicio de suministro de agua y condiciones del sistema hidráulico garantizando la sostenibilidad de la misma.
- **Visión:** Ser una institución sostenible, moderna, competitiva y reconocida con un alto nivel de capacidad de gestión y de servicio a sus integrantes, contribuyendo a una producción agrícola de alta rentabilidad.
- **Objetivo:** Beneficiar a los usuarios a través de la participación de los integrantes en el desarrollo, conservación, preservación y uso del recurso hídrico.

### 3.2. Funciones de la Organización

Entre las funciones con las que deben cumplir las organizaciones se encuentran las que siguen:

- Distribución de Agua e Hidrometría
- Sistema Padrón de Usuarios
- Plan de Cultivo y Riego
- Sistema de Cobranza
- Sistema de fijación de tarifa
- Otros

A continuación se listan las funciones identificadas por cada nivel del Organigrama (Figura 3.1.) con el fin de diferenciar el rol que cumple cada una de estas. Las funciones identificadas se dieron a través de un levantamiento de información a la comisión de regantes de San Pedro.



Figura 3.1. Organigrama de las Organizaciones de Agua en el Perú [Elaboración Propia].

- **Autoridad Nacional del Agua:** Ente regulador del agua en el Perú, encargado de regular y controlar que las juntas de usuarios de agua realicen una adecuada gestión del recurso hídrico.
- **Juntas de Usuarios:** Es el nivel máximo en la organización de usuarios de agua. Entre sus funciones se encuentran la asignación y distribución del agua entre las comisiones de usuarios a su cargo.
- **Comisiones de Usuarios:** Encargada de administrar el dinero recaudado de los agricultores, recolectar las intenciones de siembra de cada integrante del comité de usuarios, establecer la cuota de caudal máxima por agricultor así como la venta y entrega del agua.

- **Comités de Usuarios:** Es el nivel más básico de la organización, es un nombre representativo que recibe al conjunto de agricultores pertenecientes a una zona geográfica.

### **3.3. Procesos de Negocio**

Para el desarrollo del proyecto se decidió enfocar en 3 procesos, debido a que en estos se encuentran las necesidades que se buscan cubrir con el desarrollo del proyecto propuesto.

Las necesidades a cubrir se detallan a continuación:

- Ausencia del volumen de agua referencial que requiere un cultivo según la ubicación geográfica.
- Falta de un medio que permita al agricultor realizar el seguimiento a sus solicitudes de riego.
- Ausencia de indicadores que permitan realizar el cumplimiento de métricas de gestión como organización.

Los procesos de Negocio identificados son los siguientes:

- Asignación y Distribución de Agua
- Venta de Agua
- Entrega del Agua

### **3.4. Modelado de Procesos de Negocio**

En esta sección se describen los procesos del negocio importantes para la comprensión del problema a solucionar.

#### **3.4.1. Asignación y Distribución de Agua**

El proceso de asignación de Agua se realiza cada inicio de año. Para la toma de decisiones, la junta de usuarios de agua se basa en los datos que los encargados de administrar los reservorios de agua asignados les brinde.

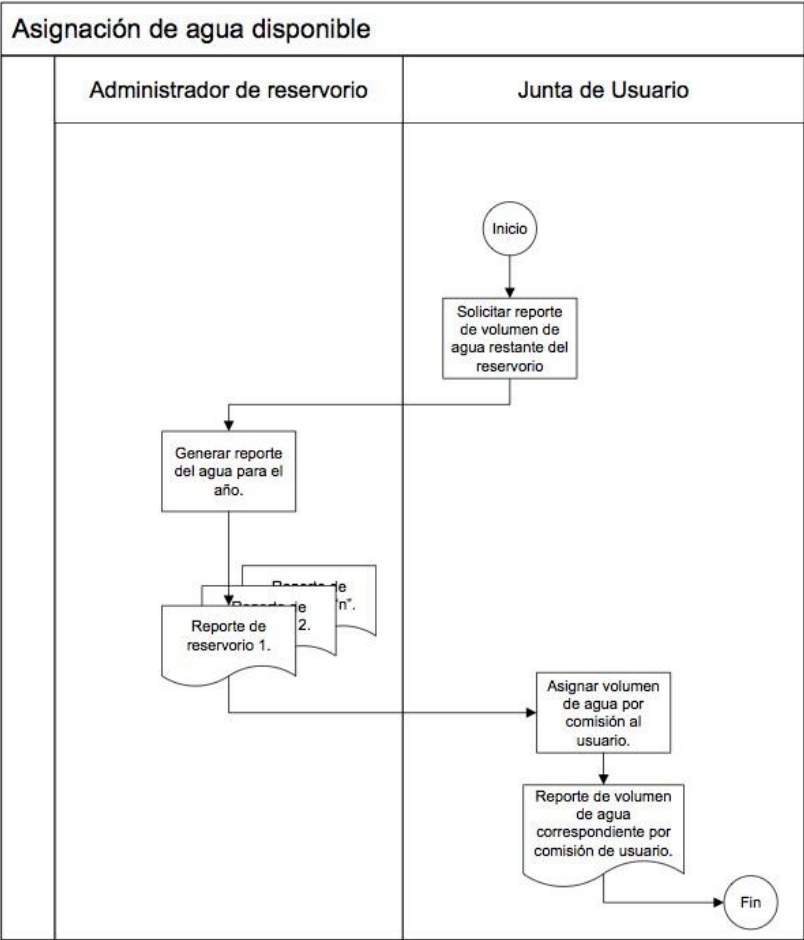


Figura 3.2. Asignación de agua disponible [Elaboración Propia].

3.4.2. Distribución del Agua por campaña

El proceso de la distribución del agua se da cada inicio de una nueva campaña, en la cual para determinar la cuota máxima de agua se basa en lo establecido por la Junta de Usuarios de agua. Además las comisiones de usuarios de agua que son los encargados de realizar la distribución de agua entre los agricultores se basan en una hoja o formulario conocido como “Intención de Siembra”.

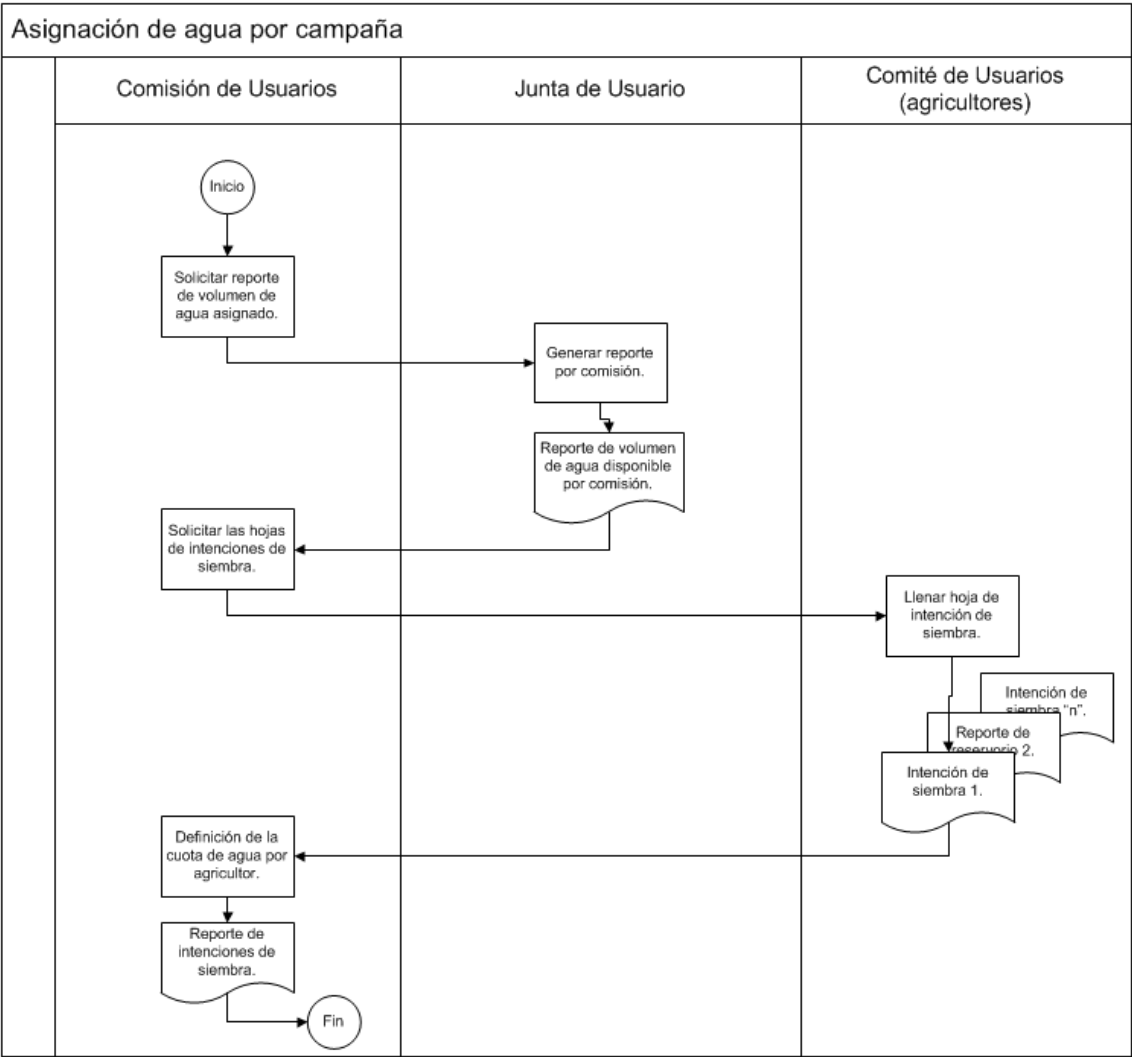


Figura 3.3. Asignación de agua por campaña [Elaboración Propia].

3.4.3. Venta del Agua

El proceso de venta de agua es el proceso mediante el cual los agricultores indican cuándo y cuánto de agua requerirán para sembrar los cultivos que mencionaron en sus hojas de intenciones de siembra.

La venta del agua se da en base a un tarifario, el cual es establecido una vez al año por la junta de usuarios de agua.

Finalmente, la venta se efectúa siempre y cuando el agricultor se encuentre al día con las cuotas de mantenimiento y no haya excedido la cuota de agua determinada al inicio de la campaña.



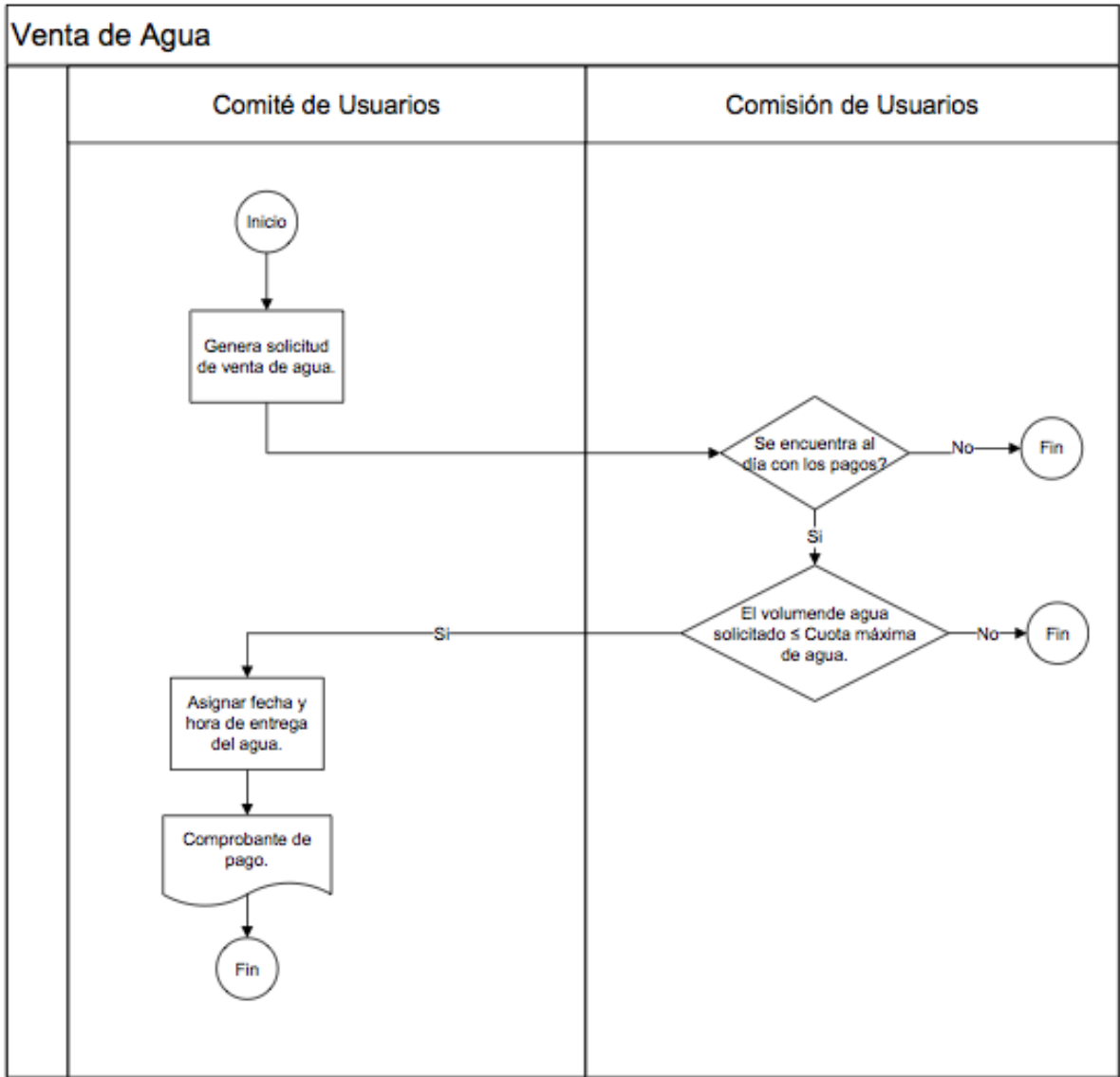


Figura 3.4. Venta de Agua [Elaboración Propia].

**3.4.4. Entrega del Agua**

El proceso de entrega de agua consiste en el reparto de cada solicitud de agua realizada por los agricultores. Esta tarea es llevada a cabo por una persona encargada por conjunto de parcelas, llamado guardián. Esta persona a través de un cronograma generado con todas las ventas realizadas abre y cierra compuertas para que el agua llegue a las parcelas indicadas.

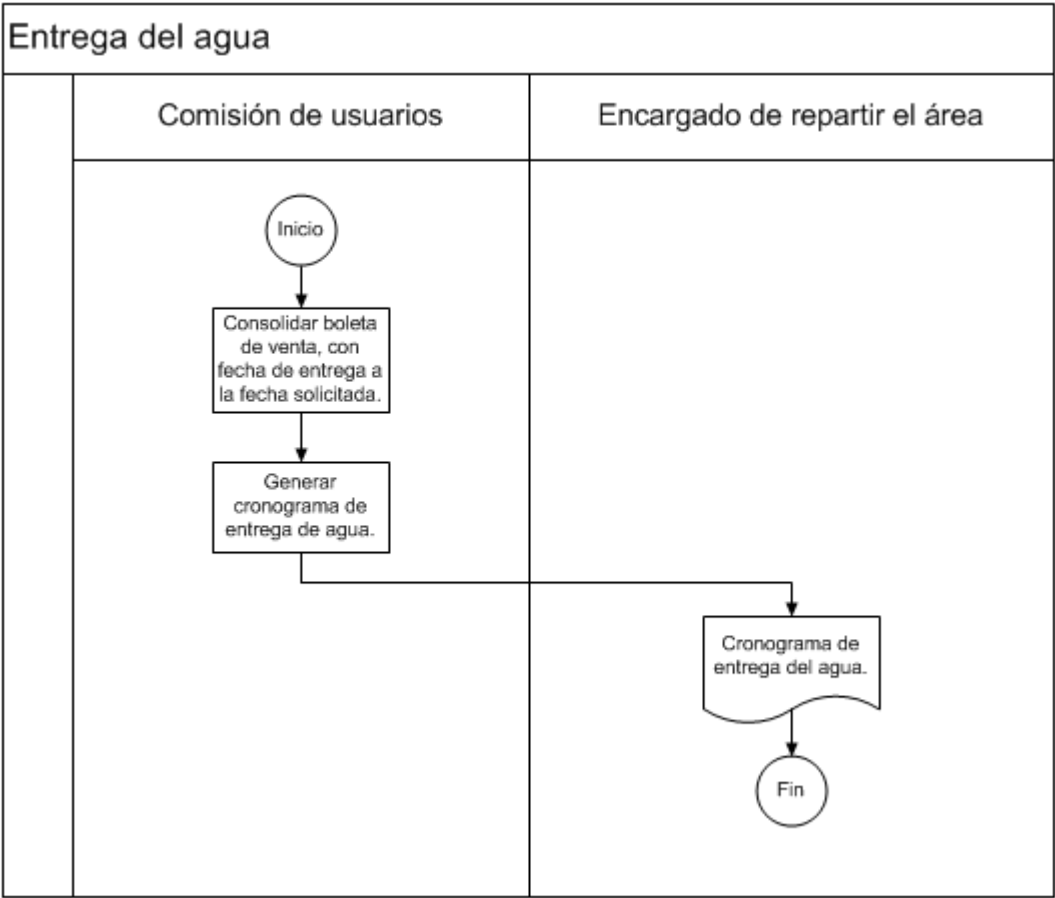


Figura 3.5. Entrega del Agua [Elaboración Propia].

## CAPÍTULO IV: MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH

En esta sección se describe cómo es que a través del método FAO Penman Monteith se busca cubrir una de las necesidades que presenta las organizaciones de usuarios de agua, el cual consiste en la ausencia del conocimiento sobre el volumen de agua referencial que requiere un cultivo.

Para cubrir esta necesidad se propuso como una de las funcionalidades del sistema el cálculo del volumen referencial de agua que un cultivo requiere haciendo uso del método FAO Penman Monteith.

A continuación se describe en qué consiste el método, la definición del método en el sistema y la lógica que el sistema considera para realizar el cálculo de agua referencial.

### 4.1. Propósito

La necesidad que se buscaba cubrir por el sistema de información desarrollado era cubrir la ausencia del conocimiento sobre el volumen de agua que requiere un cultivo para su satisfactorio desarrollo.

La necesidad de agua que requiere un cultivo se define por la cantidad de agua que pierde el cultivo, esta pérdida de agua se da a través del proceso conocido como evapotranspiración.

Según la FAO (Food and Agriculture Organization) el proceso de evapotranspiración es el resultado de la combinación de dos procesos. El primer proceso se da cuando el agua se pierde a través de la superficie de suelo debido a la evaporación (pasar de estado sólido a gaseoso). Por otro lado, el segundo proceso por el que un cultivo sufre pérdida de agua se da por la transpiración de agua, es decir, pérdida de agua en forma de vapor [FAO2006].

Además la FAO menciona la existencia de tres tipos de evapotranspiración: referencial (ET<sub>o</sub>), bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) y bajo condiciones no estándar (ET<sub>c aj</sub>) los cuales se encuentran afectados por los siguientes factores:

- Variables climáticas como la temperatura del aire, radiación, velocidad del viento, etc.
- Factores de cultivo como el tipo de cultivo y la etapa de desarrollo en la que se encuentra el cultivo.
- Manejo de las condiciones ambientales como baja fertilidad del suelo, uso de fertilizantes, etc.

Para el desarrollo de este proyecto se decidió optar por calcular la evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) para calcular el volumen de agua que requiere un cultivo.

Para el cálculo de la ET<sub>o</sub> se escogió el método de FAO Penman Monteith debido a que es el método recomendado por la FAO para determinar la ET<sub>o</sub> ya que permite calcular la evapotranspiración referencial basándose en datos meteorológicos.

#### 4.2. Definición del Método FAO Penman Monteith

El método a desarrollar permite la estimación de la evapotranspiración de un cultivo. La ecuación que permite el cálculo se encuentra definida en la ecuación 1.

$$\frac{(\quad) + \frac{(\quad)}{(\quad)}}{(\quad)} \dots\dots [1]$$

Donde:

- : Evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>)
- : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJm<sup>-2</sup>día<sup>-1</sup>)
- : Radiación extraterrestre (mm<sup>2</sup>día<sup>-1</sup>)
- : Flujo de calor del suelo (MJm<sup>-2</sup>día<sup>-1</sup>)
- : Temperatura media del aire a 2m. Altura (°C)
- : Velocidad del viento a 2m. De altura (ms<sup>-1</sup>)
- : Presión de vapor de saturación (KPa)
- : Presión real de vapor (KPa)
- : Déficit de presión de vapor (KPa)
- : Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C<sup>-1</sup>)
- : Constante psicrométrica (KPa °C<sup>-1</sup>)

#### 4.3. Definición de Variables

La ecuación del método FAO Penman Monteith contiene variables de localización, temperatura, humedad, radiación y viento. A continuación, estos datos serán descritos

y definidos según lo establecido por la FAO para realizar el cálculo de la evapotranspiración con frecuencia diaria (período de 24 horas):

#### 4.3.1. Temperatura media del aire (T)

La temperatura media de aire se obtiene de la temperatura máxima y mínima observada durante un período de 24 horas, expresado en °C (grados centígrados) o K (kelvin) según lo indicado en la ecuación 2 [FAO2006].

$$\text{.....} [2]$$

#### 4.3.2. Pendiente de curva de presión ( $\Delta$ )

La pendiente de curva de presión definida por la ecuación 3 se obtiene de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura media del aire ( ). La pendiente de curva de presión se encuentra expresado en KPa°C [FAO2006].

$$\frac{(\text{---})}{(\text{---})} \text{.....} [3]$$

#### 4.3.3. Radiación neta en la superficie del cultivo ( $R_n$ )

La radiación neta en la superficie del cultivo se obtiene de la diferencia entre la radiación neta de onda corta ( $R_{ns}$ ) y la radiación neta de onda larga ( $R_{nl}$ ) [FAO2006].

##### 4.3.3.1. Radiación neta de onda corta ( $R_{ns}$ )

La variable de radiación neta de onda corta depende de dos variables: la radiación de onda larga ( $R_a$ ) y la variable de radiación solar ( $R_s$ ).

La radiación de onda larga es conocida como radiación terrestre ( $R_a$ ) debido a que la tierra emite energía radiante con longitudes de onda más largas que el sol, la definición de este dato se encuentra dada en la ecuación 4 y se encuentra expresado en MJm<sup>-2</sup>día<sup>-1</sup> [FAO2006].

$$\text{---} (\text{---}) (\text{---}) (\text{---}) (\text{---}) (\text{---}) \text{.....} [4]$$

Como el cálculo de la evapotranspiración será calculada con frecuencia diaria los datos usados para el cálculo de  $R_a$  serán los siguientes:

- $G_{sc}$  (constante solar) tomará el valor de 0.082 MJm<sup>-2</sup>día<sup>-1</sup>.

- (latitud) expresada en radianes.
- $d_r$  (distancia relativa inversa Tierra-Sol) se calculará por la fórmula definida en la ecuación 5 donde la variable  $J$  es el número de día del año.

$$\left( \frac{1}{1 - 0.033 \cos \left( \frac{2\pi J}{365} \right)} \right) \dots [5]$$

- (declinación solar) tomará el valor definido por la ecuación 6 donde la variable  $J$  es el número de día del año.

$$\left( \frac{23.45 \sin \left( \frac{2\pi J}{365} \right)}{180} \right) \dots [6]$$

- $\omega_s$  es el ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol definida por la ecuación 7.

$$\left( \frac{180}{\pi} \right) \left( \frac{\cos^{-1} \left( -\tan \phi \tan \delta \right)}{180} \right) \dots [7]$$

Por otro lado la radiación solar ( $R_s$ ) se encuentra definido por la ecuación 8:

$$\left( \frac{R_s}{R_{ns}} \right) \dots [8]$$

Donde:

- $N$  (Duración máxima de insolación) es obtenida según lo establecido en la ecuación 9.

$$\frac{N}{24} \dots [9]$$

- $n$  es el número de horas real de insolación solar, el cuál será un dato meteorológico y será convertido a días para efectos del cálculo diario que se realizará.

Finalmente la radiación solar neta se encuentra definida por la ecuación 8 y el coeficiente de reflexión del cultivo ( $\alpha$ ).

Para el cálculo de evapotranspiración referencial que se calculará con frecuencia diaria el valor de  $\alpha$  es de 0.23 por lo que la variable  $R_{ns}$  será obtenida de la siguiente manera:

$$\dots [10]$$

#### 4.3.3.2. Radiación neta de onda larga ( $R_{nl}$ )

La radiación neta de onda larga se encuentra definida por la siguiente ecuación:

Donde:

$$\sigma \left( \frac{T_{max}^4 + T_{min}^4}{2} \right) \left( 1 - \frac{e}{p} \right) \dots [11]$$

- $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann cuyo valor es  $4.903 \times 10^{-9} \text{ MJK}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$
- $e$  es la presión de vapor real expresada en kilo pascal (KPa)
- $T_{max}$  y  $T_{min}$  son las temperaturas máximas y mínimas del día expresados en unidades kelvin:  $[K = ^\circ\text{C} + 273.16]$

La variable  $R_s$  se encuentra definida por la ecuación 12 y la  $R_{so}$  por la ecuación 13.

$$\left( \frac{R_{so}}{R_s} \right) \dots [12]$$

$$\left( \frac{R_{so}}{R_s} \right) \dots [13]$$

Finalmente la variable de radiación neta solar es obtenida de la resta de la ecuación 10 y 11.

$$\dots [14]$$

#### 4.3.4. Flujo de calor del suelo ( $G$ )

El flujo de calor del suelo para periodos diarios es muy cercano a cero (muy pequeño) por lo que puede ser ignorada según los estudios de la FAO, es por ello que para los cálculos de la evapotranspiración diaria el flujo de calor del suelo será considerado como cero, según lo expresado en la ecuación 15 [FAO2006].

$$\dots [15]$$

#### 4.3.5. Constante psicométrica ( $\gamma$ )

La ecuación 16 indica cómo obtener el valor de la constante psicométrica.

$$\dots [16]$$



Donde:

- P es la presión atmosférica (expresado en Kpa) y z (expresado en metros) es la elevación sobre el nivel del mar. La definición de cómo obtener la presión atmosférica se encuentra en la ecuación 17.

$$\left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} = \frac{z}{z_0} \quad \text{..... [17]}$$

#### 4.3.6. Velocidad del Viento ( $u_2$ )

El cálculo de la evapotranspiración referencial requiere el dato de la velocidad del viento a una altura de 2 metros. La FAO define la obtención de este dato según lo establecido en la ecuación 18, donde el valor de  $u_2$  es la velocidad del viento a una altura z, este es un dato meteorológico que serán datos de entrada para el cálculo de la evapotranspiración referencial diaria [FAO2006].

$$u_2 = \frac{u_z}{\left( \frac{z}{2} \right)^{0.14}} \quad \text{..... [18]}$$

#### 4.3.7. Presión de vapor de saturación( $e_s$ )

La presión de vapor de saturación toma como base la temperatura del aire, la definición de cómo obtenerla se encuentra definida en la ecuación 19 y la presión de saturación de vapor a la temperatura del aire (expresado en KPa) se encuentra definida en la ecuación 20 [FAO2006].

$$\frac{e_s}{P} = \frac{e_{s0}}{P_0} \quad \text{..... [19]}$$

$$e_s = \frac{P}{P_0} \left( \frac{e_{s0}}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{..... [20]}$$

#### 4.3.8. Presión real de vapor ( $e_a$ )

Para obtener la presión real de vapor se requerirá como datos de entrada los siguientes datos: temperatura mínima y máxima del aire y; porcentaje de humedad relativa mínima y máxima, contando con estos datos de entrada la presión real de vapor queda definida según la ecuación 21 [FAO2006].

$$\frac{e_a}{P} = \frac{e_{a0}}{P_0} \left( \frac{e_{a0}}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{..... [21]}$$

#### **4.4. Definición de la lógica en el sistema**

Luego de haber realizado una breve descripción sobre el método FAO Penman-Monteith y sobre las variables usadas por el mismo, se procedió a definir la lógica en el sistema.

##### **4.4.1. Identificación de Variables**

Para definir la lógica en el sistema, primero se decidió separar las variables a usar por el método en dos grupos de la siguiente manera:

##### **4.4.1.1. Variables obtenidas de estaciones meteorológicas**

En el primer grupo se encuentran las variables identificadas que deberán ser obtenidas de estaciones de clima:

- Temperatura Mínima (expresado en grados centígrados - °C)
- Temperatura Máxima (expresado en grados centígrados - °C)
- Humedad Relativa Máxima
- Humedad Relativa Mínima
- Horas reales de insolación solar
- Velocidad del viento

Para el desarrollo del proyecto se optó por obtener los datos para las variables mencionadas de una aplicación de clima desarrollado por el Organismo mundial de agricultura y alimentación - FAO, el nombre de la aplicación se denomina AQUASTAT, la cual permite obtener datos del clima a nivel mundial.

Para acceder a estos datos se debe indicar las coordenadas en grados decimales o en minutos y segundos de la zona geográfica de la cual se busca obtener datos de clima o seleccionando un punto en el mapa mundial. En la figura 4.1. se visualiza la interfaz de la aplicación.

Para fines del desarrollo del proyecto se recolectó información del clima usando la aplicación AQUASTAT. Se recolectaron los datos de clima de todos los distritos pertenecientes a la provincia de Pacasmayo departamento de La Libertad, debido a que en esta zona geográfica se encuentra la organización de usuarios de San Pedro sobre la cual se levantó la información para el desarrollo del proyecto.

**AQUASTAT Climate characteristics**

Enter the X and Y coordinates of the location of interest and find it's climate characteristics:

Coordinates in decimal degrees:                      Or in degrees, minutes and seconds:

X - coordinate:                       X - coordinate:


Y - coordinate:                       Y - coordinate:

(X = Longitude, Y = Latitude; North and East: Positive; South and West: Negative)

---

Or select the location on the map:



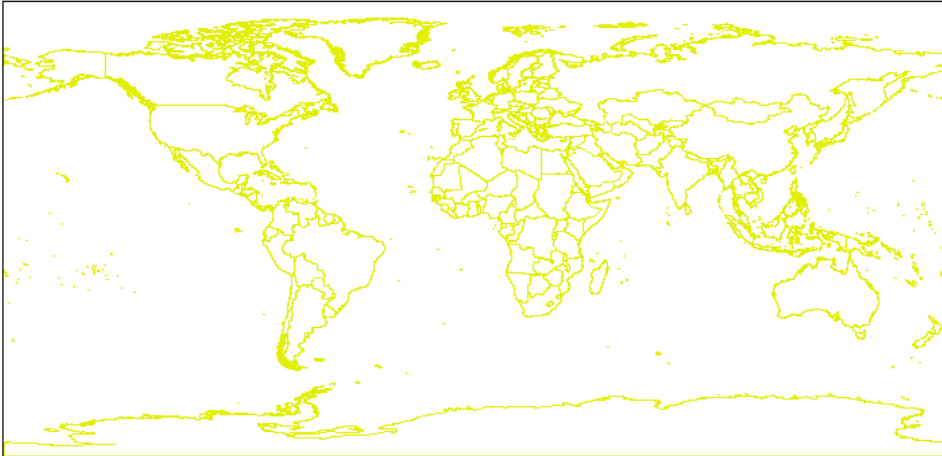


Figura 4.1. Interfaz gráfica AQUASTAT [AQUA2014].

#### 4.1.1.2. Variables almacenadas en la base de datos

En el segundo grupo se encuentran las variables cuyos datos serán cargados en la base de datos como datos iniciales del sistema:

- Latitud (expresado en grados decimales - °, representado por la variable )
- Altitud (expresado en metros – m, representado por la variable z)
- Número de día del año según la fecha del calendario (representado por la variable J)
- Coeficiente de evapotranspiración de un cultivo (representado por la variable Kc)

Cabe mencionar que la variable J será actualizado una vez al año a través de un procedimiento almacenado en la base de datos y la variable Kc coeficiente de evapotranspiración por cultivo será descrito en un punto siguiente.

#### 4.4.2. Definición del factor del coeficiente de evapotranspiración – $K_c$

Según la FAO, la forma de calcular el volumen de agua requerido para un cultivo en específico según la etapa de desarrollo en la que se encuentre se obtiene según la ecuación 22.

..... [22]

En la ecuación 19 se menciona una variable no descrita previamente, es el coeficiente de evapotranspiración de cultivo. A continuación se describirá en qué consiste y cómo será utilizada la variable  $K_c$  en el sistema.

El coeficiente de cultivo describe las variaciones de la cantidad de agua que los cultivos extraen del suelo conforme se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección del mismo. Las etapas de desarrollo por el cual pasa un cultivo se dividen en 4 fases:

- Inicial.- Desde la siembra hasta un 10% de la cobertura del suelo aproximadamente.
- Desarrollo.- Desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
- Media.- Entre la etapa de floración y fructificación.
- Final.- Desde la madurez hasta la recolección.

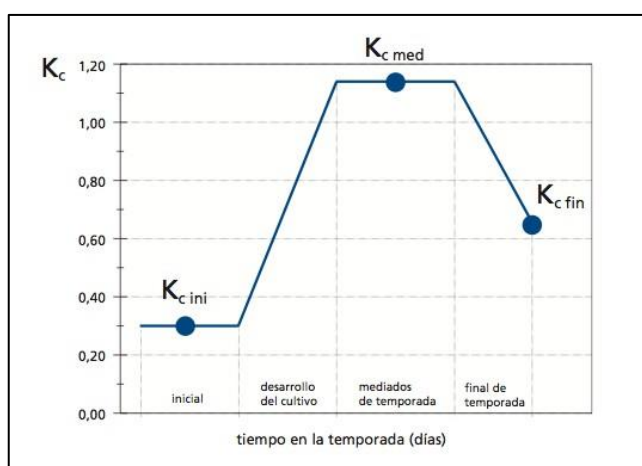


Figura 4.2. Curva del coeficiente del cultivo. [FAO]

Para las 4 fases de desarrollo del cultivo la FAO determinó 3 factores de cultivo con el fin de estimar el requerimiento del volumen de agua a lo largo de todo el desarrollo como se muestra en la Figura 4.2 [FAO2006].

Para el desarrollo del proyecto se optó por utilizar los factores de cultivo (Kc) tabulados por la FAO, los cuales serán cargados en la base de datos y serán usadas de forma configurable al momento de realizarse la venta del agua.

#### 4.4.3. Definición del método en el sistema

Finalmente, en el sistema desarrollado el método fue expresado en base a los dos grupos de variables mencionados en el punto 4.4.1., con la cual el volumen de agua requerido para un cultivo quedó definido por la ecuación 23:

$$\frac{(\quad) - (\quad)}{(\quad)} \dots\dots[23]$$

El detalle de cada una de las variables definidas por la ecuación 23 se encuentra en el anexo 10.

## CAPÍTULO V: INDICADORES DE GESTIÓN

El presente capítulo comprende la metodología y definición de una lista de indicadores, los cuales se presentan como propuesta para medir los objetivos definidos para las organizaciones de usuarios de agua. Este capítulo se basará en el capítulo 3, debido a que para definir los indicadores es necesario contar con los objetivos de negocio, los cuales fueron definidos en el capítulo mencionado.

### 5.1. Propósito

El proyecto de fin de carrera tiene planteado como uno de sus objetivos proveer de una herramienta que permita realizar seguimiento a los objetivos de las organizaciones de usuarios de agua. Para ello se propuso el uso de indicadores, los cuales permitirán verificar el cumplimiento de los objetivos definidos por las organizaciones.

### 5.2. Metodología

Un indicador puede ser definido como la relación de variables cuantitativas o cualitativas el cual permite informar a los interesados en una organización sobre el estado de una actividad de la empresa [GEST2014].

Para construir los indicadores se procedió a seguir con las siguientes fases:

- Identificación de los objetivos y planes.
- Identificación de factores críticos de éxito.
- Definición de indicadores por cada factor crítico.

### 5.3. Identificación de objetivos y factores críticos

El objetivo identificado en el capítulo 3 fue el siguiente:

- **Misión:** Planificar las actividades de la organización con el fin de mejorar la prestación del servicio de suministro de agua y condiciones del sistema hidráulico garantizando la sostenibilidad de la organización.
- **Visión:** Ser una institución sostenible, moderna, competitiva y reconocida con un alto nivel de capacidad de gestión y de servicio a sus integrantes, contribuyendo a una producción agrícola de alta rentabilidad.
- **Objetivo:** Beneficiar a los usuarios a través de la participación de los integrantes en el desarrollo, conservación, preservación y uso del recurso hídrico.

Con el sistema propuesto se podría contar con información sobre la distribución del agua (volumen de agua asignado a cada organización al inicio de cada período), usuarios (regantes), cultivos y solicitudes de agua.

En base a lo definido en la misión, visión y objetivo de las organizaciones de usuarios de agua se identificaron los siguientes factores críticos:

- Mejorar la prestación del servicio de agua (extraído de la misión).
- Garantizar la sostenibilidad de la empresa (extraído de la misión).
- Lograr una producción agrícola de alta rentabilidad (extraído de la visión).
- Preservación del recurso hídrico (extraído del objetivo).

#### 5.4. Definición de indicadores

Luego de haber definido cada uno de los factores críticos se propone una lista de indicadores que permitirían medir el estado de cada uno de los factores identificados:

- Mejorar la prestación del servicio de agua.
  - Indicador: Porcentaje de solicitudes con buena calificación.
    - \_\_\_\_\_
    - Frecuencia: mensual
- Garantizar la sostenibilidad de la empresa.
  - Indicador: Porcentaje de agricultores que no adeudan cuotas a la organización a la que pertenecen.
    - \_\_\_\_\_
    - Frecuencia: mensual
  - Indicador: Tasa de variación de agricultores adjuntos a las organizaciones.
    - (( \_\_\_\_\_ ) )
    - Frecuencia: mensual
- Lograr una producción agrícola de alta rentabilidad.
  - Porcentaje de intenciones de siembra cumplidas.
    - \_\_\_\_\_
    - Frecuencia: Campaña



- Porcentaje de área usada para sembrar.
  - \_\_\_\_\_
  - Frecuencia: mensual
- Preservación del recurso hídrico.
  - Porcentaje de agua usado respecto al total asignado por organización.
    - \_\_\_\_\_

## CAPÍTULO VI: ARQUITECTURA USADA EN LA SOLUCIÓN

El capítulo comprende las limitaciones que el sistema presenta y el patrón de arquitectura por el cual se optó para el desarrollo del sistema.

### 6.1. Limitaciones de Arquitectura

La arquitectura del sistema será limitada por los siguientes ítems:

- El hardware con el que cuentan las organizaciones de usuarios de agua presentan las siguientes características:
  - Sistema Operativo Microsoft XP
  - Memoria RAM 256 - 512MB
- Las organizaciones de usuarios se encuentran en zonas rurales, estas cuentan con acceso a internet móvil cuya velocidad máxima llega a 2.5G [OSIPTEL].
- El sistema será desarrollado en web usando el patrón MVC.
- No contará con alto nivel de multimedia para que la velocidad de internet no impida una interacción fluida entre el usuario y el sistema.

### 6.2. Arquitectura de Software

La arquitectura de software es definida como el diseño y la implementación del software de alto nivel. Resultado de ensamblar elementos arquitectónicos de forma adecuada con el fin de satisfacer la funcionalidad y requerimientos del sistema [KRUCHTEN].

### 6.3. Patrón de Arquitectura

También conocida como la arquitectura lógica de un sistema es aquel que permite expresar un esquema organizativo estructural para sistemas de software.

Está orientado a representar diferentes elementos que componen una solución de software y las relaciones entre ellos.

Como parte de la solución del proyecto se optó por el patrón MVC (modelo, vista y controlador) debido a que presenta las siguientes ventajas:

- Permite independencia de funcionamiento.
- Facilita el mantenimiento en caso de errores.
- Permite el escalamiento de la aplicación en caso de ser requerido.

#### 6.4. Modelo, Vista y Controlador

El patrón seleccionado para desarrollar el proyecto está representado por 3 capas [KRUCHTEN]:

- Modelo: Contiene el código que permite obtener los datos y generar el contenido HTML.
- Vista: Es la página HTML.
- Controlador: Contiene la información almacenada en la base de datos y las reglas de negocio que transforman la información usada por el sistema.

La relación entre estas capas se representa en la Figura 6.1.:

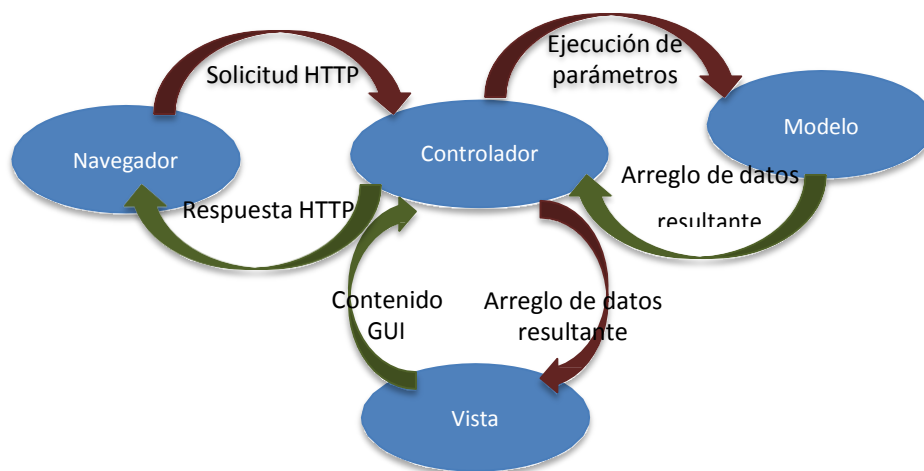


Figura 6.1. Ciclo de Vida MVC [Elaboración Propia]

El ciclo de vida empieza cuando el usuario envía una solicitud al controlador. Al llegar esta solicitud a esta capa, el controlador delega la tarea al modelo, el cual se encarga de realizar modificaciones sobre la información que maneja para así cumplir con lo solicitado por el usuario.

Luego, el controlador envía el resultado a la vista, capa que se encarga de transformar los datos a información visual.

Finalmente, la representación gráfica es enviada al controlador, quien finalmente enviará el contenido al usuario (navegador).

## CAPÍTULO VII: ELABORACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El capítulo comprende todas las etapas que permitieron llevar a cabo el desarrollo del proyecto. Para cual se optó por usar la metodología RUP, la cual permitió contar con un grupo de herramientas que permitieron culminar cada una de las etapas.

### 7.1. Análisis

La etapa inicial según la metodología RUP inicia en la etapa de análisis. En esta se realizó el levantamiento de requisitos con los usuarios finales, en este caso un representante de la organización de usuarios de agua.

A continuación se mencionan las necesidades identificadas al inicio del proyecto, las cuales se buscan cubrir con el sistema desarrollado:

- Ausencia del volumen de agua referencial que requiere un cultivo según la ubicación geográfica donde se encuentre bajo las restricciones establecidas en el capítulo 4.
- Falta de un medio que permita al agricultor realizar el seguimiento a sus solicitudes de riego.
- Ausencia de indicadores que permitan realizar el cumplimiento de métricas de gestión como organización establecidos en el capítulo 3.

#### 7.1.1. Recopilación de Requisitos de Software

Los requisitos especificados para el sistema han sido agrupados en 4 módulos:

- Administración (Tabla 7.1.)
- Gestión (Tabla 7.2.)
- Reporte (Tabla 7.3.)
- Configuración (Tabla 7.4.)

Tabla 7.1. Módulo de Administración [Elaboración Propia]

Nº	Descripción
1.1	El sistema permitirá registrar, modificar y dar de baja a organizaciones.
1.2	El sistema permitirá registrar, modificar y dar de baja a cultivos.
1.3	El sistema permitirá registrar, modificar y dar de baja a agricultores.
1.4	El sistema permitirá registrar, modificar y dar de baja a reservorios.

Tabla 7.2. Módulo de Gestión [Elaboración Propia]

Nº	Descripción
2.1	El sistema permitirá calcular el requerimiento de agua por cultivo.
2.2	El sistema permitirá registrar solicitudes de agua.
2.4	El sistema validará al registrar un pedido que la solicitud del agricultor no exceda al monto tope de caudal que le corresponde.
2.5	El sistema validará que el regante se encuentre al día con los pagos exigidos por la organización antes de registrar un pedido de manera lógica.

Tabla 7.3. Módulo de Reportes [Elaboración Propia]

Nº	Descripción
3.1	El sistema permitirá generar un tablero con los indicadores definidos como %Solicitudes Bien Atendidas, %Deudores, %tasa de variación de agricultores inscritos a una organización, %Efectividad de Intenciones de Siembra, %AreaUsadaSembrar, %Uso de Agua.
3.2	El sistema permitirá listar la información sobre los agricultores.
3.3	El sistema permitirá listar la información sobre los cultivos.
3.4	El sistema permitirá listar la información sobre las solicitudes de agua.

Tabla 7.4. Módulo de Configuración [Elaboración Propia]

Nº	Descripción
4.1	El sistema permitirá realizar una carga de datos masiva para los datos de clima para cada punto geográfico.
4.2	El sistema permitirá realizar una carga de datos masiva para los coeficientes de evapotranspiración para cada cultivo.
4.3	El sistema permitirá realizar una carga masiva sobre la información de las zonas geográficas.

### 7.1.2. Análisis de la Solución

El análisis de la solución se describió en 3 capítulos, estos comprendieron lo siguiente:

- Capítulo 3: Este capítulo permitió conocer la misión, visión y objetivos de las organizaciones de usuarios de agua con las cuales se pudo comprender a qué se debe la existencia de las organizaciones de usuarios de agua y hacia dónde buscan apuntar.  
Además, se definió el rol que cumple cada nivel de las organizaciones de usuarios; así como, los procesos que se ven involucrados en el proceso de venta del agua, desde la asignación del agua a cada comisión hasta la entrega del cronograma de agua a cada regante.
- Capítulo 4: El capítulo dio a conocer el método FAO Penman-Monteith, método propuesto para satisfacer la necesidad del requerimiento de agua que un cultivo necesita. En este capítulo se definieron las fuentes de donde se obtendrían cada una de las variables usadas por el método.
- Capítulo 5: En este capítulo se definió la arquitectura que se usará para el desarrollo del software. Se optó por el uso de la arquitectura MVC (modelo, vista, controlador) debido a las ventajas que presenta como escalamiento de la aplicación.

### 7.2. Diseño

Para el diseño del sistema se definieron los usuarios a interactuar con el sistema así como los casos de uso, los cuales cubren cada uno de los requisitos planteados en el punto 7.1.1. A continuación se muestran los casos de uso agrupados por módulos (el detalle se encuentra en el anexo 10):

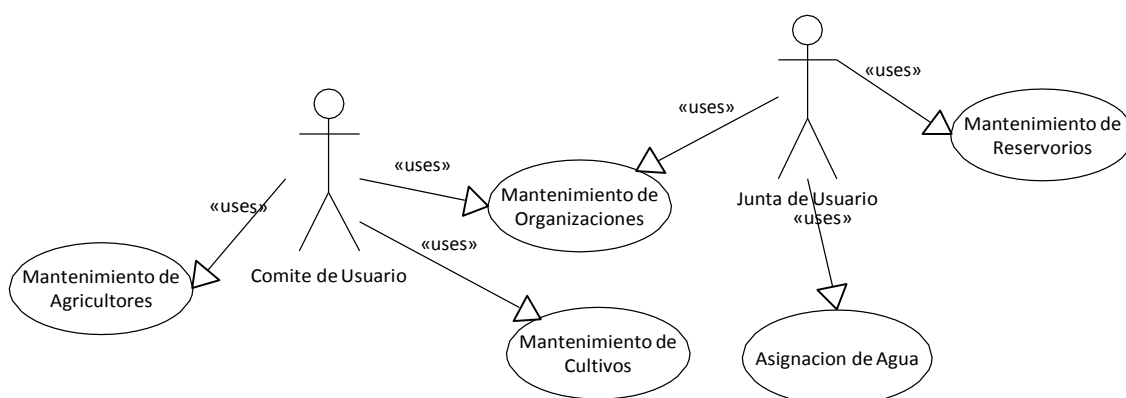


Figura 7.1. Módulo de Administración [Elaboración Propia]

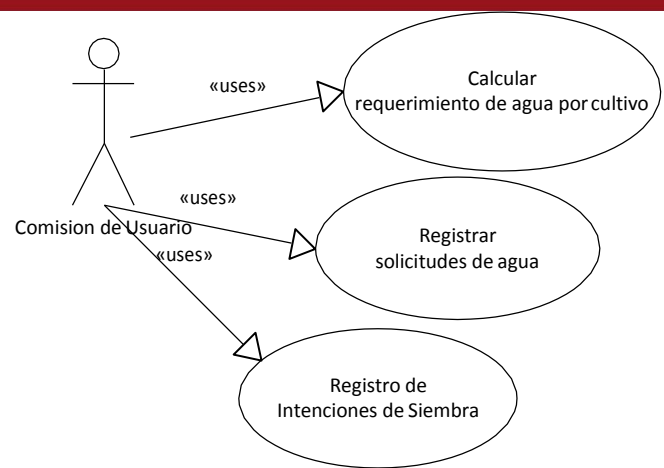


Figura 7.2. Módulo de Gestión [Elaboración Propia].

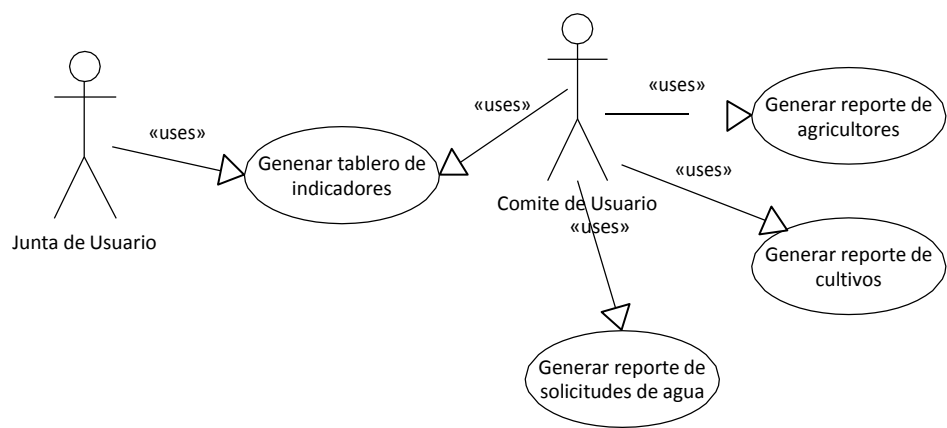


Figura 7.3. Módulo de Reportes [Elaboración Propia].

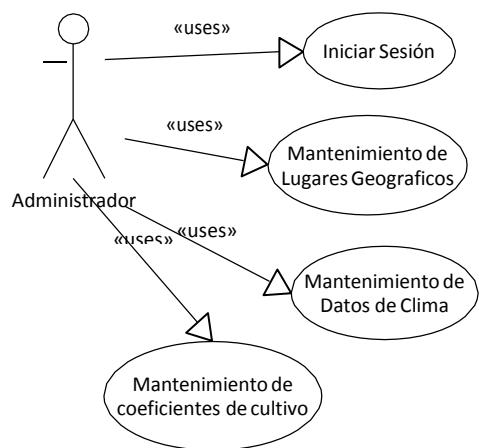


Figura 7.4. Módulo Configuración [Elaboración Propia].



### 7.3. Construcción

En la construcción del software se describen las herramientas que se eligieron usar para el desarrollo del proyecto.

Entre las herramientas usadas se encuentran:

- ASP.net.- Se optó por este ambiente de desarrollo debido a que se contaba con poca experiencia en el desarrollo web y entre las ventajas de este framework se encontraba la baja curva de aprendizaje para el desarrollo de proyectos web, además de permitir que los proyectos tengan las características de ser escalables, seguros, disponibilidad y flexibles.
- Visual Studio 2012.- Se optó por usar esta herramienta debido a que es un entorno de desarrollo que permite desarrollar proyectos basados en el framework asp.net, además de brindar una variedad de herramientas que permiten el desarrollo de proyectos web de manera fácil e intuitiva.
- SQL Server 2012.- Se optó por esta herramienta debido a su compatibilidad para trabajar con el entorno de desarrollo asp.net, además de que se contaba con cierta experiencia con el manejo de la misma.

### 7.4. Pantallas Finales

A continuación se muestra un detalle sobre las vistas finales del sistema, una vista por cada módulo:



Figura 7.5. Vista de Login



Figura 7.6. Vista Principal del Sistema

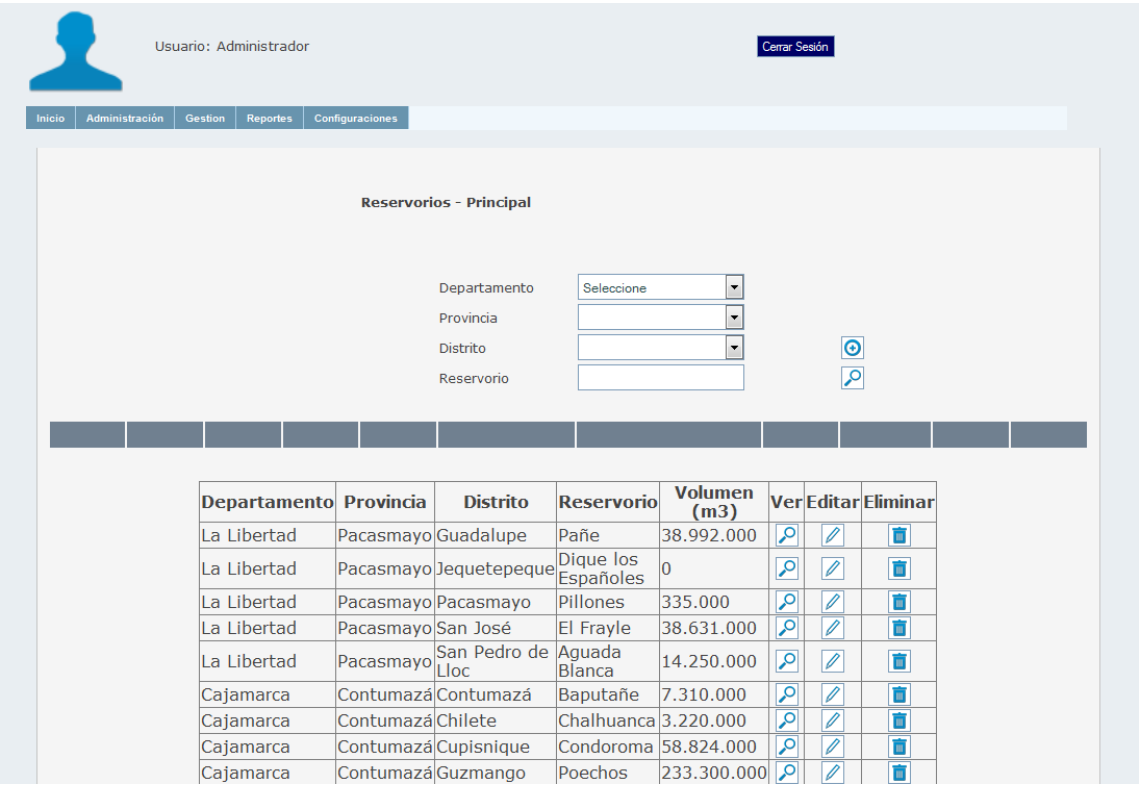



Figura 7.7. Vista de Módulo de Administración

Usuario: Administrador [Cerrar Sesión](#)

[Inicio](#) [Administración](#) [Gestión](#) [Reportes](#) [Configuraciones](#)

### Agua - Solicitar Pedido

Tipo Documento:  Documento:  

Junta	<input type="text" value="Seleccione"/>	Vol. Agua Tope	<input type="text"/>					
Comision	<input type="text" value="Seleccione"/>	Vol. Agua Restante	<input type="text"/>					
Comite	<input type="text" value="Seleccione"/>							

© Sistema de Gestión de uso del agua en zonas agrícolas del Perú 2014

Figura 7.8. Vista de Módulo de Gestión

## CAPÍTULO VIII: RESULTADOS

El capítulo resume el resultado obtenido por cada objetivo específico planteado, que en conjunto permitieron dar solución al problema presentado en las organizaciones de usuarios de agua.

### 8.1. Resultado 1

El primer resultado que se obtuvo fue la identificación de los procesos que engloban la venta del agua, para ello se modeló los procesos con el fin de mostrar a través de diagramas de flujo en qué consistía cada uno de ellos.

Se recopiló la misión, visión y objetivos de las organizaciones de usuarios de agua y se obtuvieron lineamientos generales para todas ellas, con lo que se pudo comprender hacia donde van y qué es lo que buscan las organizaciones de usuarios de agua.

### 8.2. Resultado 2

El segundo resultado que se obtuvo fue la lógica de cómo usar el método FAO Penman - Monteith en el sistema desarrollado. Para ello, se identificaron cada una de las variables usadas en el método basándose en la definición y cálculos establecidos por el organismo mundial de agricultura y alimentación.

Obteniendo finalmente dos listas de variables: una de ellas contiene un grupo de variables cuyas fuentes de obtención son las estaciones de clima; y otra es un grupo de variables que se establecieron como constantes ya que son valores que varían dependiendo de la ubicación geográfica donde se encuentre la organización de usuarios que solicite el requerimiento de agua para sus cultivos.

### 8.3. Resultado 3

El tercer resultado que se obtuvo, fue la arquitectura sobre la cual se levantó el proyecto. Se optó por la arquitectura MVC por las ventajas que esta presentaba, entre ellas: la escalabilidad. Permitiendo así independencia entre las partes que conforman el proyecto.

### 8.4. Resultado 4

El cuarto resultado que se obtuvo fue una lista de indicadores como propuesta para el seguimiento de los objetivos de las organizaciones de usuarios de agua.

Para la definición de los indicadores se basó en la misión, visión y objetivos obtenidos del resultado 1.

### 8.5. Resultado 5

El quinto resultado obtenido es el sistema desarrollado como una propuesta de solución a las tres necesidades identificadas en las organizaciones de usuarios de agua:

- Ausencia del volumen de agua referencial que requiere un cultivo según la ubicación geográfica donde se encuentre bajo las restricciones establecidas en el capítulo 4.
- Falta de un medio que permita al agricultor realizar el seguimiento a sus solicitudes de riego.
- Ausencia de indicadores que permitan realizar el cumplimiento de métricas de gestión como organización establecidos en el capítulo 3.

## CAPÍTULO IX: OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Este capítulo comprende algunas observaciones para el desarrollo del proyecto de tesis, conclusiones del mismo y las referencias usadas.

### 9.1. Observaciones

Es importante mencionar algunas observaciones que se fueron presentando a lo largo del desarrollo del proyecto:

- El alcance del proyecto se definió al inicio del proyecto, en el cual se indica que el producto propuesto está orientado a las organizaciones de usuarios de agua como una herramienta de apoyo a la gestión.
- La solución para el presente proyecto fue propuesto por el tesista con el acompañamiento del asesor, basándose en las soluciones encontradas en el estado del arte.
- El levantamiento de la información se realizó con apoyo de una persona que tiene conocimiento y experiencia apoyando a una organización de usuarios de agua (Comité de San Pedro). Basándose en la información brindada es que se pudo conocer en qué consiste y cómo se da el proceso de repartición de agua entre los miembros de una organización de usuarios.
- El producto desarrollado fue elaborado y probado con fines académicos.
- Toda la información sobre el clima, definición del método y coeficientes de cultivo fueron tomados de aplicaciones y manuales desarrollados por la FAO.
- Los datos recolectados se encuentran restringidos a la ubicación geográfica donde se encuentra la organización de usuarios tomada como base para el desarrollo del proyecto.
- La información sobre el clima no se pudo obtener de una fuente como el SENAMHI u otros debido a que son servicios no gratuitos.

### 9.2. Conclusiones

El proyecto de tesis tenía como finalidad dar solución a tres necesidades, entre las cuales se encontraban: la ausencia del volumen de agua referencial que un cultivo requiere, la ausencia de un medio por el cual el agricultor pueda hacer seguimiento a las solicitudes de agua y falta de indicadores que permitan que las organizaciones de usuarios de agua puedan hacer seguimiento a sus métricas de gestión.

La primera necesidad, ausencia del volumen de agua referencial, se cubrió con el uso del método FAO Penman-Monteith que permitió dar a conocer cuánto de agua requiere un cultivo dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre y las condiciones de clima bajo las que se realice.

La segunda necesidad, ausencia de un medio por el cual el agricultor pueda hacer seguimiento a las solicitudes de agua, se encuentra cubierta con el producto desarrollado; ya que entre una de sus funcionalidades se encuentra el seguimiento de las solicitudes de agua.

Finalmente, la última necesidad encontrada fue la falta de indicadores que permitan que las organizaciones puedan hacer seguimiento a sus objetivos, para ello, se propuso cinco indicadores basándose en la misión, visión y objetivos de las organizaciones de usuarios de agua. Cabe resaltar que al ser las organizaciones de usuarios de agua, entes de negocio cuya misión, visión y objetivos varía dependiendo de la zona geográfica donde se encuentren; los indicadores planteados buscan de manera global realizar un seguimiento a sus objetivos.



## BIBLIOGRAFÍA

COLMENERO, Alberto Garrido

2009 El agua como recurso escaso: definiendo la propiedad de las aguas en consideración a aspectos globales, nacionales y regionales. Mediterráneo económico, 2009, no 15, p. 143-161.

INEI

2013 Instituto Nacional de Estadística e Informática. Producción Nacional 2013. Informe Técnico Febrero 2014.

LEY 29338

2009 Congreso de la República del Perú 2009. Ley de Recursos Hídricos. 29 de Marzo.

LEY 30157

2014 Congreso de la República del Perú 2014. Ley de Organizaciones de Usuarios de Agua. 19 de Enero.

ANA

2012 Gobernanza de la información Ambiental  
Consulta: Lunes 7 de Abril del 2014  
<<http://es.slideshare.net/InfoAndina/presentacion-de-la-autoridad-nacional-del-agua-gobernanza-de-la-informacion-ambiental>>

ZEGARRA, Eduardo

2002 La investigación social sobre el manejo del agua de riego en el Perú: una mirada a conceptos y estudios empíricos. Ed. Pulgar Vidal, M. 2002, p. 22-24.

JNUP

2014 Junta Nacional de Usuarios del Perú  
Consulta: Miércoles 9 de abril del 2014  
<<http://www.jnuap.com>>

INEI

2012 Instituto Nacional de Estadística e Informática  
IV Censo Nacional Agropecuario. 2012

HENDRIKS, Jan

2009 Los Grandes Sistemas de Riego y el Cambio Climático: Márgenes y  
Medidas de Gestión. Ponencia presentada en el Foro Nacional del Agua  
2009. Lima. 2009

VILLASANTE, Losada

2009 El riego. Mundi-Prensa Libros, 2009.

CASTAÑON, Guillermo

2000 Ingeniería de riego. Utilización Racional del agua. Ed Paraninfo Madrid.  
2000

ALLEN, Richard

2006 Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los  
requerimientos de agua de los cultivos. Food & Agriculture Org., 2006.

DE CARVALHO, Luis Gonzaga

2013 FAO Penman-Monteith equation for reference evapotranspiration from  
missing data. Idesia, 2013, vol. 31, no 3, p. 39-48.

PRAWDA, Juan

2000 Métodos y modelos de investigación de operaciones. Ed. Limusa. 2000

FAO

2013 Food and Agriculture Organization, Water. Databases& Software. 2013  
Consulta: Jueves 17 de Abril, 2014  
<[http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html)>

HURAGIS

2014 Herramientas para el Uso Racional del Agua con el apoyo de un GIS.  
Consulta: Jueves 17 de Abril, 2014  
<<http://www.redhisp.upv.es/software/huragis/>>

## SIAR

- 2014 Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR)  
Consulta: Jueves 17 de Abril, 2014  
<<http://ibercide.ibercaja.es/documenta/d/sistema-de-informacion-agroclimatica-para-el-regadio-siar.aspx>>

## BPMN

- 2013 Potal de BPMN 2.0. Consulta: Viernes 29 de Agosto, 2014  
<<http://www.bpmn.info/> >

## IDEF1X

- 2002 SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S.  
Fundamentos de bases de datos. McGraw-Hill, 2002.

## FAO

- 2014 Método FAO Penman – Monteith  
Consulta: Sábado 31 de Mayo, 2014  
<<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e06.htm>>

## PMBOK

- 2014 Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide, 5th Ed.

## FIGUEROA, Roberth y CABRERA, Armando

- 2014 Metodologías Tradicionales vs. Metodologías Ágiles. Universidad  
Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias en Computación.  
Consulta: Sábado 31 de Mayo, 2014  
<<http://adonisnet.files.wordpress.com/2008/06/articulo-metodologia-de-sw-formato.doc>>

## OSIPTEL

- 2014 Organismo Supervisor de Inversión Privada de Telecomunicaciones  
Consulta: Sábado 31 de Mayo, 2014  
<<http://www.osiptel.gob.pe/WebsiteAjax/WebFormgeneral/sector/VerInfoEstadistica.aspx>>

FAO

2014

Evapotranspiración del cultivo

Consulta: Miércoles 10 de Setiembre, 2014

<<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>>

FAO

2014

Step-by-Step Calculation of the Penman-Monteith

Evapotranspiración (FAO-56 Method)

Consulta: Jueves 11 de Setiembre, 2014

<<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ae/ae45900.pdf>>

AQUASTAT

2014

AQUASTAT Climate characteristics

Consulta: Lunes 15 de Setiembre, 2014.

<<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/quickWMS/climcropwebx.htm>>

FAO

2006

Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Evaporación del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO, 2006

IUE

2014

Institución Universitaria de Envigado. Definición de indicadores

Consulta: Jueves 11 de setiembre, 2014

<<http://www.iue.edu.co/documents/emp/comoGerenciar.pdf>>

KRUCHTEN

2013

Planos Arquitectónicos: El Modelo de “4+1” Vistas de la Arquitectura del Software.

Consulta: Jueves 11 de Setiembre, 2014.

<[http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?id=materias:arquitectura\\_de\\_software&cache=cache&media=materias:modelo4\\_1.pdf](http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?id=materias:arquitectura_de_software&cache=cache&media=materias:modelo4_1.pdf)>